Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg

Vorstand: Professor Dr. med. J. Lang

ÜBER DIE FILA RADICULARIA UND RADIZES DES RÜCKENMARKES

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Claus-Thomas Bartram

aus Würzburg

Würzburg, den 11.11.1981

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg

Vorstand: Professor Dr. med. J. Lang

ÜBER DIE FILA RADICULARIA UND RADIZES DES RÜCKENMARKES

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Claus-Thomas Bartram

aus Würzburg

Würzburg, den 11.11.1981

Referent:	Professor Dr. med. J. Lang
Korreferent:	Professor Dr. med. K.-A. Bushe
Dekan:	Professor Dr. med. K.-A. Bushe

Tag der mündlichen Prüfung: 17.12.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

MEINEN LIEBEN ELTERN

IN DANKBARKEIT GEWIDMET

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543520_0109

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
A.	Einleitung	1
B.	Material und Methode	2
C.	Befunde	4
	I. Fila radicularia dorsalia	4
	1. Descensus der dorsalen Rückenmarkswurzeln	4
	2. Länge der Nerveneintrittsregion	11
	3. Anzahl der Fila radicularia dorsalia	15
	4. Durchmesser der Fila radicularia dorsalia	22
	5. Gesamtquerschnitt der Fila rad. dors.	27
	6. Anastomosen	29
	II. Fila radicularia ventralia	34
	1. Anzahl der Ursprungsfäden	35
	2. Durchmesser der Ursprungsfäden	39
	3. Anzahl der Nervenbündel der Radices ventrales	39
	4. Durchmesser der Nervenbündel	42
	5. Gesamtquerschnitt der Nervenbündel	45
	6. Abmessungen der Areae radiculares ventrales	47
	7. Intersegmentale Anastomosen	53
	III. Durataschen-Eingänge	56
	1. Anzahl der Durataschen-Eingänge	57
	2. Abstand der Durataschen-Eingänge	59
	IV. Lig. denticulatum, oberste Zacke	62
	1. Abstand zur A. vertebralis	62
	V. N. hypoglossus, Ursprungsregion	65
	1. Anzahl und Durchmesser der Ursprungsfäden	66
	2. Länge der Ursprungsregion	67
D.	Diskussion	68
E.	Literatur	75

A. E I N L E I T U N G

Die quantitative Erfassung der Verhältnisse im Bereich der Fila radicularia ist bis heute in der Literatur noch recht unvollständig. Zwar finden sich Angaben über die Anzahl der Hinterwurzelfasern (CLARA, RANSON), doch werden wenig Aussagen über die Dicke und Anzahl der den einzelnen Segmentnerven zugehörigen Fila radicularia dorsalia et ventralia gemacht.
Nach CLARA entsteht jede Wurzel aus 5 bis 10 Faserbündeln, den Fila radicularia. Diese bilden einen kleinen Fächer, dessen Spitze gegen das entsprechende Foramen intervertebrale gerichtet ist. Dabei sei betont, daß sich dieses Verhalten lediglich im Bereich der Fila radicularia dorsalia findet. Dagegen entsteht die Radix ventralis nach CLARA aus feinen, in zwei bis drei Längsreihen nebeneinander angeordneten Bündeln. Dieser Ansicht entspricht auch ELZE (1932).

Ziel dieser Arbeit ist es, genauere Angaben über Anzahl und Dicke der Fila radicularia dorsalia et ventralia zu gewinnen. Weitere Untersuchungspunkte waren die unterschiedlich ausgebildeten interradikulären Anastomosen im dorsalen und ventralen Wurzelbereich, der Descensus des im Duralsack gelegenen Teils der Radices dorsales C_1 bis C_8 bei nach vorne gebeugtem Kopf und die Längenverhältnisse der dorsalen und ventralen Wurzelfäden-Eintritts- bzw. -Austrittszonen. In Anlehnung an frühere Forscher wurde die Eintrittszone der hinteren Wurzelfäden in das Rückenmark als linea radicularis dorsalis bezeichnet, die Austrittszone der Radix ventralis als Area radicularis ventralis.
Da die Angaben über die Eingangsregion der Wurzeltaschen des Duralsackes in der Literatur widersprüchlich sind, ging auch diese Pfortenregion in die Untersuchung ein. Dabei wurde besonderer Wert auf den Abstand der Vaginae radiculares ventrales et dorsales und die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Pfortenanzahlen pro Segment gelegt.

B. MATERIAL UND METHODE

Für die Untersuchungen standen 98 Rückenmarkshälften aus Mediansagittalschnitten zur Verfügung. Hiervon ließen sich 90 Präparate einander paarweise zuordnen. 47 Rückenmarkshälften waren bereits herauspräpariert, 51 befanden sich in situ. Der Untersuchungsbereich erstreckte sich von C_1 bis L_3. Auch wenn das Rückenmark bis zum Conus medullaris erhalten war, konnten die Präparate nur bis Segment L_3 ausgewertet werden, da die Wirbelsäule bei der Präparation unterhalb des 3. Lendenwirbels durchtrennt worden war. Dadurch konnten die Fila radicularia bzw. die Radizes nur bis zur Duratasche von L_3 verfolgt werden, so daß unterhalb dieses Segments keine Segmentunterscheidung möglich war (vgl. Abbildung 1, folgende Seite).

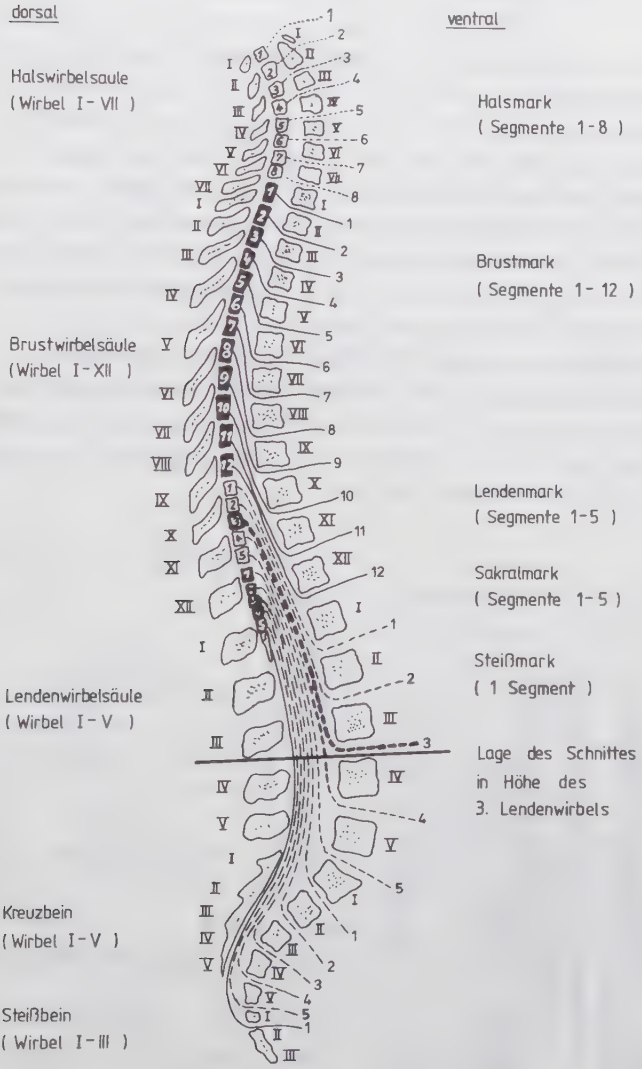
Durch asymmetrische Schnittführung und Skoliosen bedingt, konnten bei jeweils einem Segment niemals alle Präparate zur Auswertung herangezogen werden. Das führte auch teilweise dazu, daß bei paarweisen Präparaten eines nur in oberen Rückenmarksabschnitten vermessen werden konnte, das andere nur in unteren Bereichen. Dadurch schwankt die Anzahl der gemessenen Präparate n zum Teil erheblich.

Die Auswertung der Einzelmessungen erfolgte für linke und rechte Präparatehälften getrennt. Dabei wurden die entsprechenden Mittelwerte $\bar{x}$ und die Standardabweichung s errechnet sowie die jeweiligen Extremwerte (Index min und max) und die Anzahl der ausgewerteten Präparate n festgehalten. Zusätzlich wurde die Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$ errechnet.

Im folgenden sind die Befunde für linke und rechte Präparateseiten in Tabellen und graphischen Darstellungen gegenübergestellt. Die Anordnung wurde entsprechend der Aufsicht auf das Präparat gewählt, d.h.:

dorsal:	links	rechts
ventral:	rechts	links

Abb. 1
Lagebeziehung der Rückenmarksegmente zur Wirbelsäule
(nach Waldeyer)



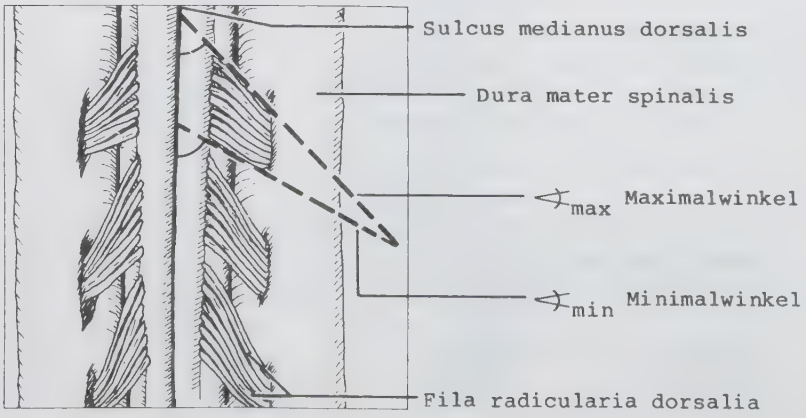
C. B E F U N D E

I. FILA RADICULARIA DORSALIA

1. Descensus der dorsalen Rückenmarkswurzeln

Die Messungen wurden an den in situ-Präparaten für die Segmente C_1 - C_8 vorgenommen.
Zunächst wurden die Foramina intervertebralia von dorsal her freipräpariert und der dorsale Rand des Foramen magnum entfernt, um die regio C_1 besser betrachten zu können. Oberhalb des Durchtrittes der A. vertebralis wurde die Dura mater spinalis durchtrennt und nach lateral geklappt. Um die Verhältnisse bei einem chirurgischen Eingriff nachzuahmen, wurde der Kopf des Präparates soweit als möglich nach ventral geneigt.
Die Werte wurden mit einem herkömmlichen Winkelmesser mit 1°-Einteilung gewonnen. Als Bezuglinie diente der Sulcus medianus dorsalis bzw. eine dazu parallele Linie. Die Maximalwinkel wurden jeweils am obersten Filum gemessen, die Minimalwerte am untersten Filum eines Segments (siehe Abb. 2).

Abb. 2
Bezugslinien der Winkelmessung



Die Auswertung erfolgte im Gegensatz zur Messung in Bezug zur Transversalebene, wobei Vorzeichen (+) aszendierend und (-) deszendierend bedeutet.

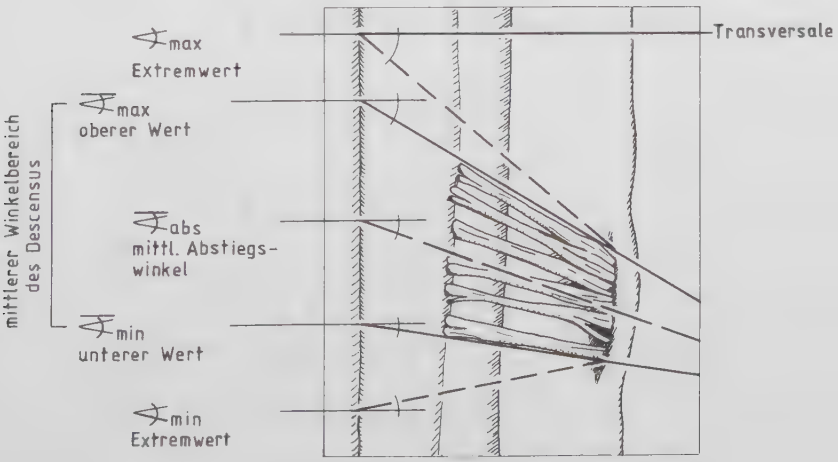
Aus den Einzelmessungen wurden rechnerisch die Mittelwerte für die Winkelbereiche des Descensus gewonnen ($\sphericalangle_{min}$ und $\sphericalangle_{max}$) und deren Winkelhalbierende als der absolute mittlere Abstiegswinkel eines jeden Bündels angegeben ($\sphericalangle_{abs}$).

Das erschien aus folgenden Gründen vorteilhaft

- Bei C_1 lag zum Teil nur ein oder gar kein Filum radiculare dorsale vor, so daß kein Winkelbereich gemessen werden konnte.
- Die Schnittpunkte der einzelnen Winkelschenkel fallen nicht mit dem Mittelpunkt der Duratasche zusammen, da die Ausdehnung der Radizes am Duradurchtritt berücksichtigt werden muß.
- Über den mittleren Abstiegswinkel ($\sphericalangle_{abs}$) läßt sich der Descensus von C_1 bis C_8 besser verfolgen.

Weiterhin wurden zur besseren Beurteilung der Streuungsbreite die gefundenen Extremwerte für jede Segmentgruppe festgehalten (siehe Abb. 3).

Abb. 3
Auswertung der Winkelmessung



1. a) Befundübersicht

Die einzelnen Mittelwerte für $\measuredangle_{abs}$, $\measuredangle_{min}$ und $\measuredangle_{max}$ sollen in den folgenden Tabellen dargelegt werden.

Erläuterung:

$\measuredangle_{abs}$: absoluter mittlerer Abstiegswinkel
$\measuredangle_{min}$: mittl. Winkelbereich des Descensus, unterer Wert
$\measuredangle_{max}$: mittl. Winkelbereich des Descensus, oberer Wert
min : kleinster gefundener Winkel
max : größter gefundener Winkel
$\bar{x}$: Mittelwert
n : Anzahl der gemessenen Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

Die Winkelwerte sind in Grad zur Transversalen angegeben.
Es bedeutet:

\+ = aszendierend
\- = deszendierend

(Tabellen auf den folgenden Seiten)

Tabelle 1: $\bar{\alpha}_{abs}$ absoluter mittlerer Abstiegswinkel (Grad)

		links							rechts					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	- 0,9	+25	-45	20,6	71	21	C	1 - 1,8	+25	-45	17,1	81	21
	2	-17,1	+10	-43,5	16,1	60	23		2 -18,2	+10	-61	19,1	65	23
	3	-43,4	-25	-60	12,5	59	17		3 -39,4	-25	-60	11,6	52	21
	4	-44,4	-20	-62,5	12,0	75	16		4 -38,6	-11,5	-62,5	11,8	75	20
	5	-42,9	-22,5	-57,5	12,2	57	14		5 -37,7	- 7,5	-63	13,9	67	21
	6	-44,5	-22,5	-60	13,2	67	12		6 -41,5	-15	-75	14,6	91	22
	7	-51,6	-25	-62,5	12,0	83	12		7 -47,6	-22,5	-67,5	13,3	51	21
	8	-58,5	-35	-67,5	10,7	78	9		8 -55,9	-42,5	-73	8,3	68	19

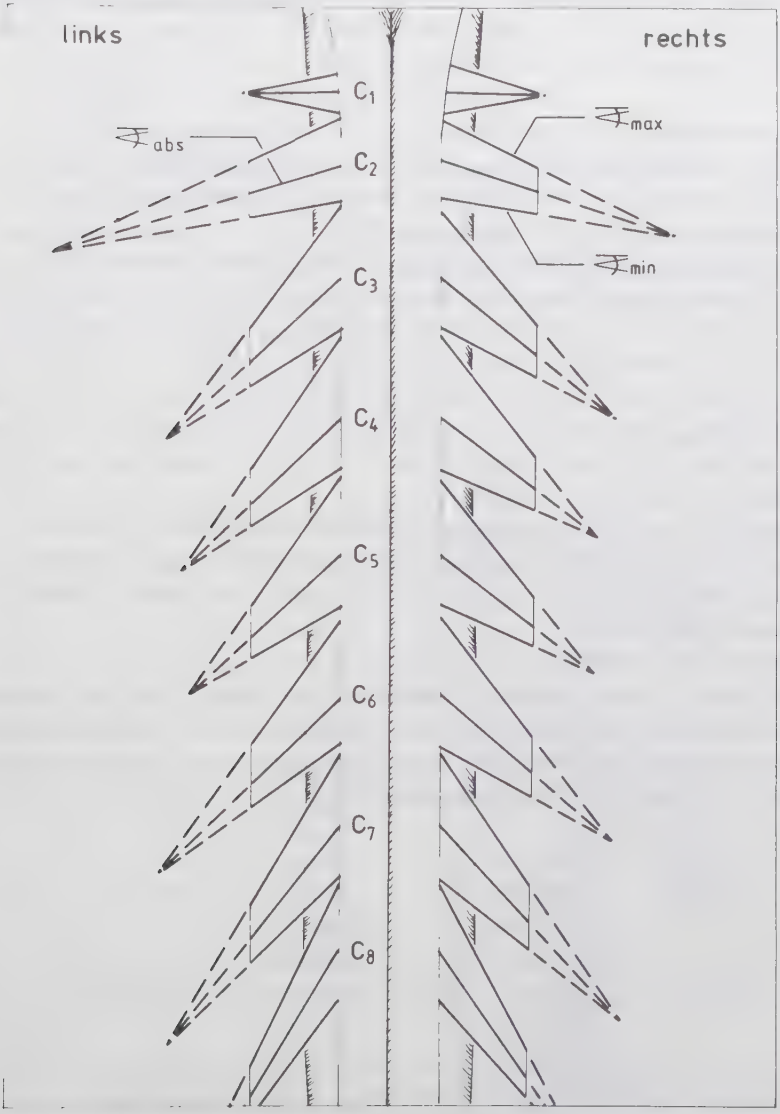
Tabelle 2: $\sphericalangle_{min}$ mittlerer Winkelbereich des Descensus, unterer Wert (Grad)

		links							rechts					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	+14,4	+30	-30	19,3	89	21	C 1	+12,5	+30	-25	15,5	80	21
	2	- 9,3	+20	-37	16,5	65	23	2	- 9,7	+20	-57	19,8	70	23
	3	-31,6	0	-50	15,7	65	17	3	-27,6	0	-54	15,3	67	21
	4	-33,4	0	-52	15,1	69	16	4	-24,0	0	-55	15,3	60	20
	5	-30,4	0	-52	17,6	57	14	5	-24,2	+ 5	-55	16,9	71	21
	6	-35,0	0	-55	18,8	67	12	6	-29,7	+10	-70	19,7	73	21
	7	-44,2	0	-60	17,8	83	12	7	-38,4	- 5	-65	17,7	62	21
	8	-52,9	-15	-65	15,9	89	9	8	-49,0	-30	-71	10,7	68	19

Tabelle 3: $\sphericalangle_{max}$ mittlerer Winkelbereich des Descensus, oberer Wert (Grad)

		links							rechts					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	- 9,4	+10	-45	16,8	67	21	C 1	-16,2	0	-45	15,3	60	21
	2	-24,8	+ 5	-50	16,5	60	23	2	-26,3	+ 5	-65	19,0	65	23
	3	-55,3	-40	-72	10,9	71	17	3	-51,2	-30	-70	10,0	67	21
	4	-55,3	-40	-70	9,7	81	16	4	-52,7	-20	-70	11,1	75	20
	5	-55,4	-40	-65	7,5	71	14	5	-51,3	-10	-71	13,8	76	21
	6	-54,0	-45	-65	8,4	75	12	6	-53,3	-35	-80	11,0	64	22
	7	-59,1	-50	-65	6,9	67	12	7	-56,9	-30	-70	10,8	67	21
	8	-64,1	-55	-75	6,6	67	9	8	-63,0	-50	-75	7,0	53	19

Abb. 4
Mittlerer Winkelbereich des Descensus ($\measuredangle_{min}$ und $\measuredangle_{max}$) und absoluter mittlerer Abstiegswinkel $\measuredangle_{abs}$



1. b) Ergebnisse

Die Fila radicularia dorsalia des Rückenmarks bildeten auf der Verlaufsstrecke zwischen ihrem Rückenmarkseintritt im Sulcus dorsolateralis und der Durataschenregion von C_1 nach C_8 zunehmend starke Abstiegswinkel zur Transversalebene (vgl. Abb. 4).

Der Descensus wurde von nahezu horizontalem Verlauf bei C_1 ($\sphericalangle_{abs}$ links: -0,9°, $\sphericalangle_{abs}$ rechts: -1,8°) zunehmend stärker. Bei C_8 betrug der absolute mittlere Abstiegswinkel ($\sphericalangle_{abs}$) links bereits -58,5°, rechts -55,9°.
Es fanden sich aber auch aszendierende Radizes im Bereich C_1 und C_2 (absoluter Abstiegswinkel).
Bei C_1 waren es links 13 von 21 ($0° \leqq \sphericalangle_{abs} \leqq + 25°$), rechts 14 von 21 ($0° \leqq \sphericalangle_{abs} \leqq + 25°$).
Für C_2 traf dies links und rechts bei jeweils 4 von 23 Messungen zu ($0° \leqq \sphericalangle_{abs} \leqq + 10°$).
Bei der Beurteilung der Mittelwerte im Seitenvergleich muß folgendes berücksichtigt werden:

- Wegen teilweise ungünstiger Lage der Mediansagittalschnitte konnten nicht alle Präparate paarweise ausgewertet werden, auch wenn die Anzahl der Messungen links und rechts zufällig übereinstimmt.
- Obwohl sich beim Rechts-Links-Vergleich für einzelne Segmente im Mittel nahezu Übereinstimmung ergibt, waren bei den Einzelmessungen an korrespondierenden Präparaten zum Teil erhebliche Rechts-Links-Unterschiede festzustellen. Hierzu einige Beispiele für den absoluten Abstiegswinkel $\sphericalangle_{abs}$:

C_1	links	rechts
$\sphericalangle_{abs}$	-15°	+10°
	+17,5°	- 5°
C_2	links	rechts
$\sphericalangle_{abs}$	-21,5°	-52,5°
	-37,5°	-17,5°

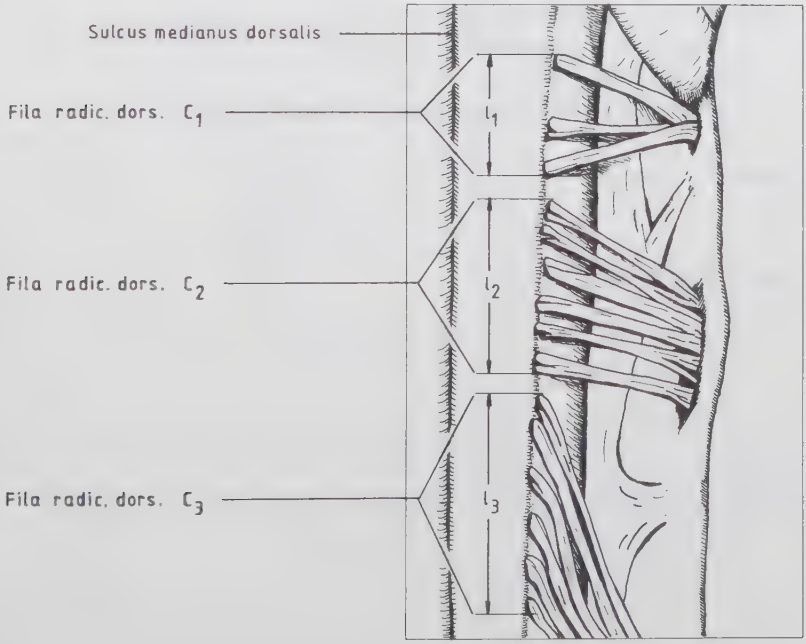
Man kann also nicht darauf schließen, daß der Descensus symmetrisch verläuft.

Für die weitere Auswertung wurden die Nn.spinales distal der Ganglia spinalia durchtrennt und das Rückenmark mit Dura entfernt. Die Meßwerte wurden mit einem Binokularmikroskop mit geeichter Okularskalierung gewonnen.

2. Länge der Lineae radiculares dorsales

Für diese Auswertung wurde das gesamte Untersuchungsgut im Bereich C_1 bis L_3 herangezogen.
Gemessen wurden jeweils die Strecke l im Sulcus dorsolateralis, auf der die Fila radicularia einer Radix in das Rückenmark eintreten. Die freien Abschnitte zwischen den Eintrittsregionen wurden nicht berücksichtigt (siehe Abb. 5).

Abb. 5
Messung der Länge der Lineae radiculares dorsales l



Die Messungen wurden mit einem Auflichtmikroskop bei 10-facher Vergrößerung durchgeführt. Das entspricht einer 0,1mm-Einteilung der Okularskala.

2. a) Befundübersicht

Zu jeder Rückenmarksegmentgruppe wurde der Mittelwert für die durchschnittliche Länge der Lineae radiculares dorsales $\bar{l}$ errechnet sowie die jeweiligen Extremwerte festgehalten.
Die Werte sind in Tabelle 4 aufgeführt und für rechte und linke Präparateseiten gegenübergestellt.

Erläuterung:

$\bar{l}$: mittlere Länge der Lineae radiculares dorsales
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gewonnener Wert
max: größter gewonnener Wert
n : Anzahl der gemessenen Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

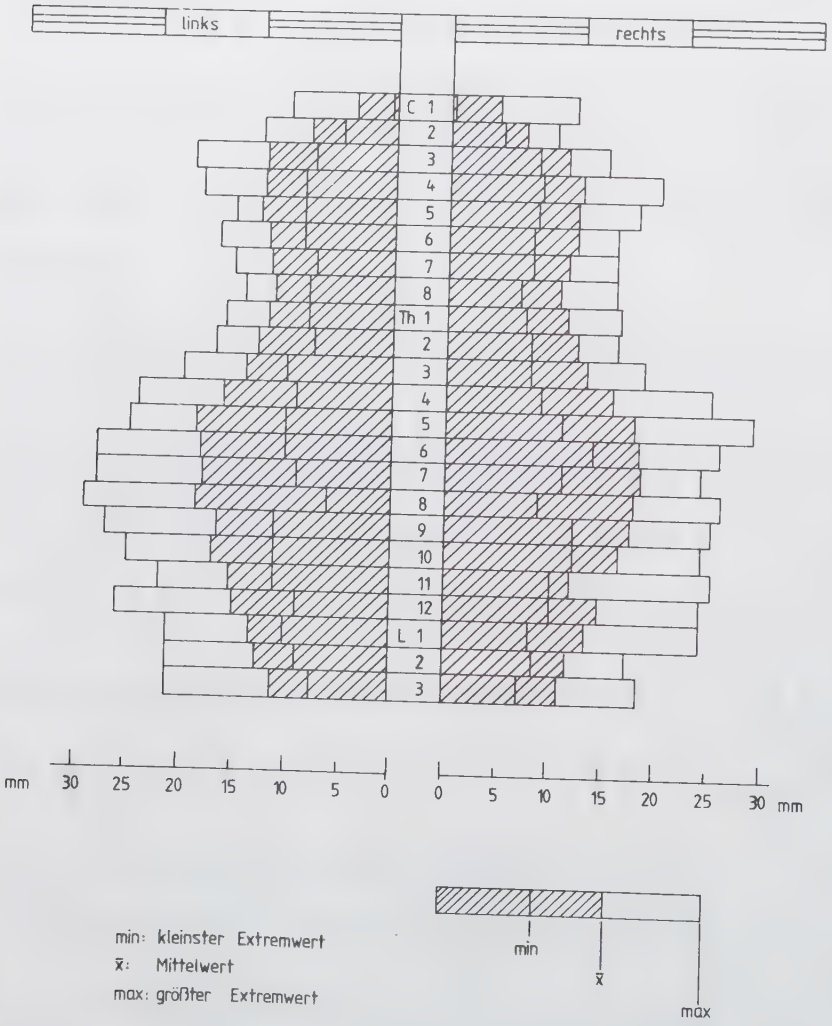
Einheit: 1 mm

(Tabelle folgende Seite)

Tabelle 4: Länge der Lineae radiculares dorsales $\bar{l}$ (mm)

		links							rechts					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	3,8	0,5	10	3,3	76	21	C	4,7	0,3	12	4,0	67	21
	2	8,0	5	12,5	2,2	60	23		7,4	5	10	1,2	70	23
	3	12,1	7,5	19	3,0	74	19		11,2	8,5	15	1,7	70	23
	4	12,3	8,5	18	2,4	67	18		12,7	9	20	2,7	55	22
	5	12,5	8,5	15	1,8	82	17		12,1	8,5	18	2,6	58	26
	6	11,8	8,5	16,5	2,2	71	17		12,3	8	16	2,1	58	26
	7	11,6	7,5	15	1,9	71	17		11,4	8	16	2,0	67	27
	8	11,2	8	14	1,5	71	17		10,8	7	16	1,9	69	26
Th	1	11,8	8	16	2,0	69	16	Th	11,5	7,5	16,5	2,1	69	26
	2	12,6	7,5	17	2,3	71	17		12,4	8	16	2,0	71	28
	3	13,9	10	20	2,5	64	22		13,4	8	18,5	2,9	68	28
	4	15,9	9	24	3,2	78	27		15,8	9	25	3,5	76	29
	5	18,5	10	25	3,6	72	32		17,9	11	29	4,2	77	35
	6	18,2	10	28	4,0	73	37		18,3	14	26	3,4	73	33
	7	17,9	9	26	3,6	67	36		18,4	11	24	3,6	73	33
	8	18,2	6	29	4,3	79	39		17,9	9	26	3,1	67	39
	9	16,5	11	27	3,5	59	39		17,5	12	25	3,2	67	39
	10	16,9	11	25	3,8	59	41		16,5	12	24	3,1	53	36
	11	15,1	11	22	2,8	55	42		11,9	10	25	2,7	70	37
	12	15,0	9	26	3,2	73	41		14,6	10	24	3,1	76	33
L	1	13,4	10	21	2,3	68	38	L	13,5	8	24	3,1	72	32
	2	12,6	9	21	2,7	79	38		11,6	8,5	17	2,1	64	28
	3	11,1	7,5	21	3,2	83	30		10,8	7	18	2,2	76	25

Abb. 6
Länge der Lineae radiculares dorsales $\bar{l}$



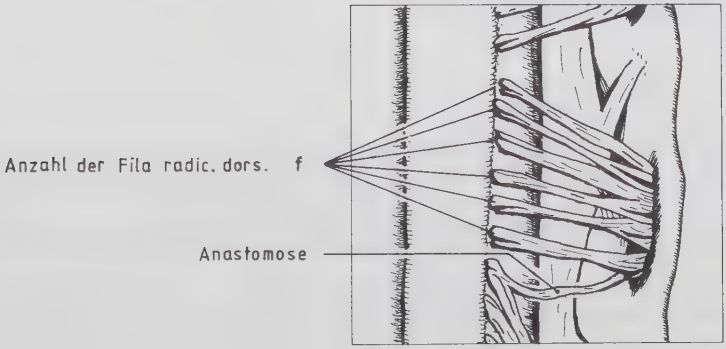
2. b) Ergebnisse

Abbildung 6 faßt die Ergebnisse für die mittlere Länge der Lineae radiculares dorsales $\bar{l}$ zusammen. Das Histogramm zeigt für jedes Segment den Mittelwert ($\bar{x}$) sowie den kleinsten Extremwert (min) und den größten Extremwert (max).
Die Länge der Lineae radiculares dorsales nahm von C_1 ($\bar{l}$ links = 3,8 mm, $\bar{l}$ rechts = 4,7 mm) zunächst bis zur Mitte des Zervikalbereichs zu. Hier hatte sie ihr erstes Maximum links bei C_5 ($\bar{l}$ = 12,5 mm), rechts bei C_4 ($\bar{l}$ = 12,75 mm). Bis zum letzten Zervikalsegment nahm der Wert dann ab (C_8: $\bar{l}$ links = 11,2 mm, $\bar{l}$ rechts = 10,8 mm) und stieg zur Mitte des Thorakalbereichs wieder an. Das zweite Maximum ergab sich hier links bei Th_5 ($\bar{l}$ = 18,5 mm), rechts bei Th_7 ($\bar{l}$ = 18,4 mm). Im Lumbalbereich verringerte sich $\bar{l}$ bei L_3 links auf 11,1 mm, rechts auf 10,8 mm.

3. Anzahl der Fila radicularia dorsalia

Gewonnen wurde die Anzahl der eintretenden Fila (f) im Sulcus dorsolateralis auf der entsprechenden Strecke der Linea radicularis dorsalis (l). Fila, die auf der gleichen Strecke eintraten, jedoch zur vorhergehenden oder folgenden Duratasche zogen, wurden als Anastomosen gewertet (siehe Abb. 7).

Abb. 7
Auswertung der Filaanzahl f



Um die Anzahl der Fila radicularia dorsalia möglichst genau bestimmen zu können, wurden diese Messungen mit einem Auflichtmikroskop bei 20-facher Vergrößerung durchgeführt. Auf der Okularskala entsprach das einer 50µm-Einteilung.

3. a) Befundübersicht

Die Mittelwerte für die Anzahl der Fila radicularia dorsalia $\bar{f}$ wurden mit einer Kommastelle berechnet, um einen besseren Vergleich zwischen den einzelnen Rückenmarksegmentgruppen zu gestatten.
Eine Befundübersicht mit Rechts-Links-Gegenüberstellung gibt Tabelle 5.

Erläuterung:

$\bar{f}$: mittlere Filaanzahl pro Segment
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

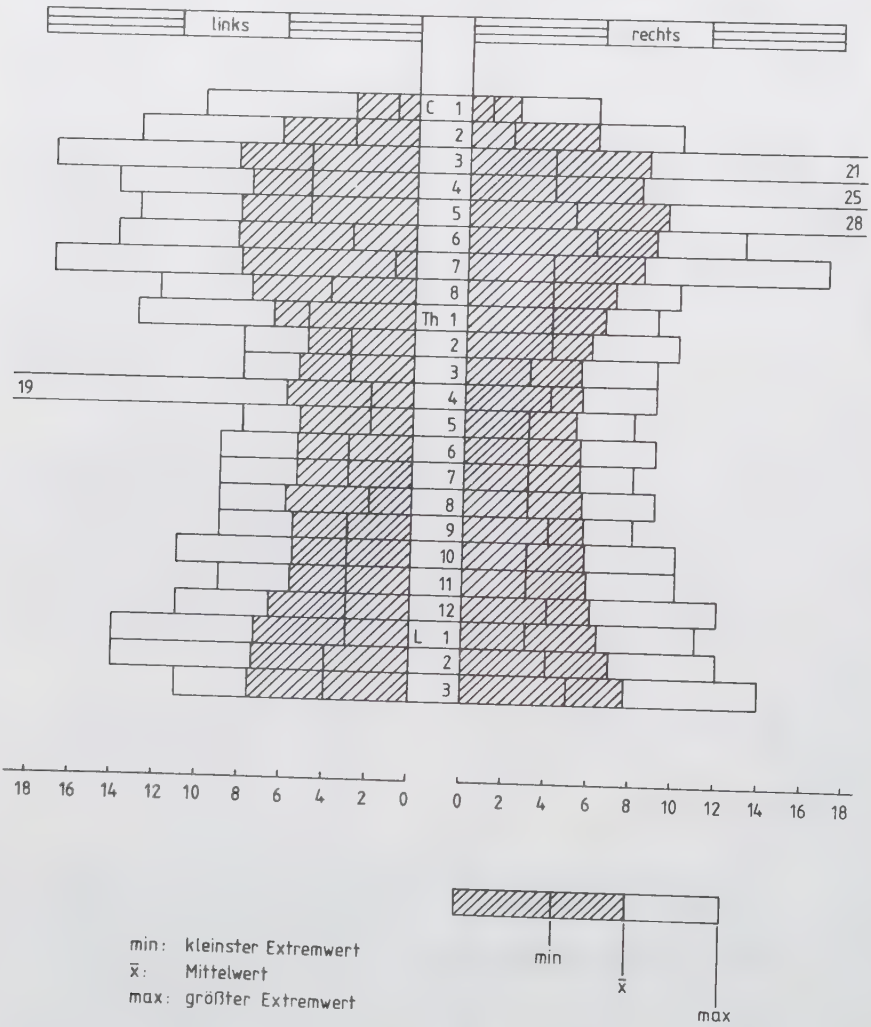
(Tabelle folgende Seite)

Tabelle 5: Anzahl der Fila radicularia dorsalia pro Segment $\bar{f}$

		links								rechts						
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n			$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	3,0	1	10	2,6	86	21	C	1	2,3	1	6	1,3	52	21
	2	6,4	3	13	2,6	82	23		2	6,0	2	10	2,1	74	23
	3	8,4	5	17	3,2	75	20		3	8,5	4	21	3,3	79	24
	4	7,8	5	14	2,2	79	19		4	8,1	4	25	4,1	91	23
	5	8,3	5	13	2,2	67	18		5	9,4	5	28	4,5	88	26
	6	8,4	3	14	2,6	74	19		6	8,9	6	13	2,0	73	26
	7	8,2	1	17	3,1	79	19		7	8,3	4	17	2,7	70	27
	8	7,7	4	12	1,9	80	20		8	7,0	4	10	1,7	62	26
Th	1	6,7	5	13	1,9	90	20	Th	1	6,5	4	9	1,7	64	28
	2	5,0	3	8	1,3	79	19		2	5,9	4	10	1,5	75	28
	3	5,4	3	8	1,4	74	23		3	5,4	3	9	1,3	57	28
	4	6,0	2	19	3,0	93	28		4	5,5	4	9	1,5	81	31
	5	5,3	2	8	1,5	67	36		5	5,2	3	8	1,1	58	40
	6	5,4	3	9	1,5	68	41		6	5,5	3	9	1,4	66	35
	7	5,4	3	9	1,5	69	39		7	5,5	3	8	1,2	59	37
	8	5,9	2	9	1,6	59	39		8	5,6	3	9	1,3	66	41
	9	5,5	3	9	1,3	63	41		9	5,7	4	8	1,1	55	40
	10	5,5	3	11	1,5	86	42		10	5,7	3	10	1,3	74	38
	11	5,7	3	9	1,5	60	42		11	5,8	3	10	1,6	74	38
	12	6,6	3	11	1,7	81	42		12	6,0	4	12	1,5	88	33
L	1	7,3	3	14	2,5	71	38	L	1	6,4	3	11	1,7	76	34
	2	7,4	4	14	1,9	80	40		2	7,0	4	12	1,7	69	29
	3	7,6	4	11	1,8	74	34		3	7,7	5	14	1,9	78	27

Abb. 8

Anzahl der Fila radicularia dorsalia $\bar{f}$



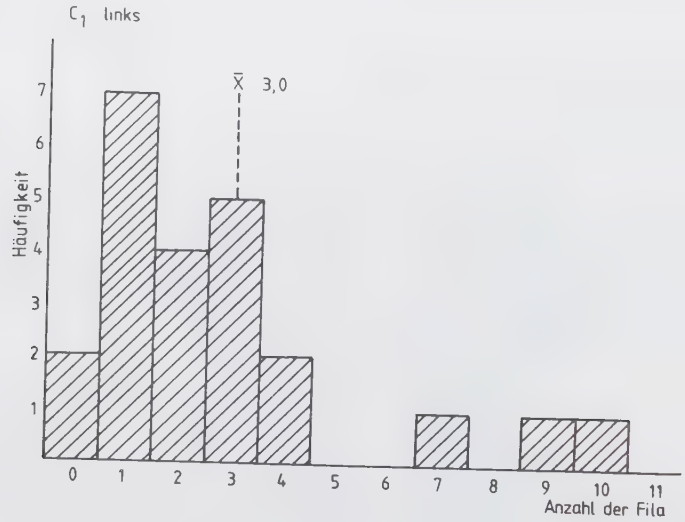
3. b) Ergebnisse

Abbildung 8 faßt die Ergebnisse für die Anzahl der Fila radicularia dorsalia $\bar{f}$ in einer graphischen Darstellung zusammen. Für jedes Segment ist der Mittelwert $\bar{x}$ und der kleinste und größte Extremwert (min und max) angegeben.
Die Anzahl der Fila radicularia dorsalia stieg von C_1 ($\bar{f}$ links = 3,0; $\bar{f}$ rechts = 2,3) bis zum mittleren Zervikalbereich an. Der Maximalwert wurde links bei C_6 mit 8,4 erreicht, rechts bei C_5 mit 9,4. Im dorsalen Thorakalbereich traten weniger Fasern in das Rückenmark ein. Das Minimum lag links mit 5,0 bei Th_2. Rechts ergab sich der kleinste Wert bei Th_5 ($\bar{f}$ = 5,2). Zum Lumbalbereich hin nahmen die Filaanzahlen wieder zu. Bei L_3 traten im Mittel links 7,6 Fasern, rechts 7,7 Fila ein.

Für das 1. Zervikalsegment muß hier eine Einschränkung gemacht werden:
Es kamen auch Präparate vor, bei denen für C_1 keine dorsale Radix ausgebildet war. Dies traf bei drei der untersuchten Rückenmarkshälften zu.
Links war in 2 von 23 Fällen (9 %) keine Radix dorsalis C_1 vorhanden, rechts war es einer von 22 Fällen (5 %).
Diese Nullwerte wurden jedoch bei der Berechnung der mittleren Filaanzahl $\bar{f}$ nicht miteinbezogen, da sie die späteren Ergebnisse für den Durchmesser und den Gesamtquerschnitt verfälscht hätten.

Gerade in der zervikokranialen Übergangsregion traten große Streuungen der Einzelwerte auf. Deshalb soll die Häufigkeit der Einzelmessungen für die Segmente C_1 und C_2 nochmals in den folgenden Histogrammen dargestellt werden, um die Aussagekraft der Mittelwerte besser beurteilen zu können (Abb. 9 a und b). In die graphische Darstellung für das 1. Zervikalsegment (Abb. 9 a) wurden die Nullwerte zusätzlich eingezeichnet.

Abb. 9 a
Häufigkeitsverteilung der Filaanzahl pro Segment für C_1



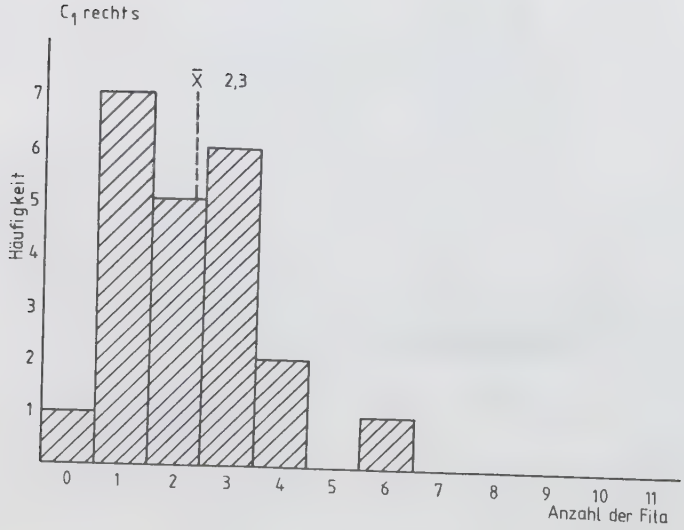
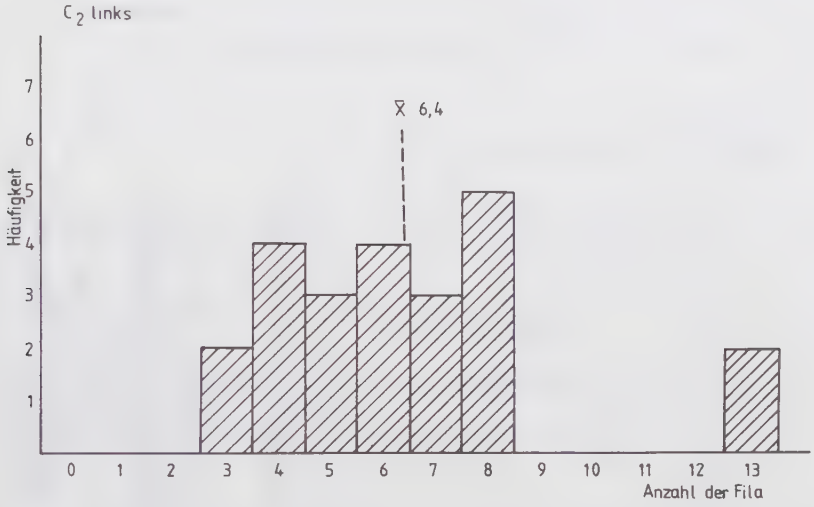
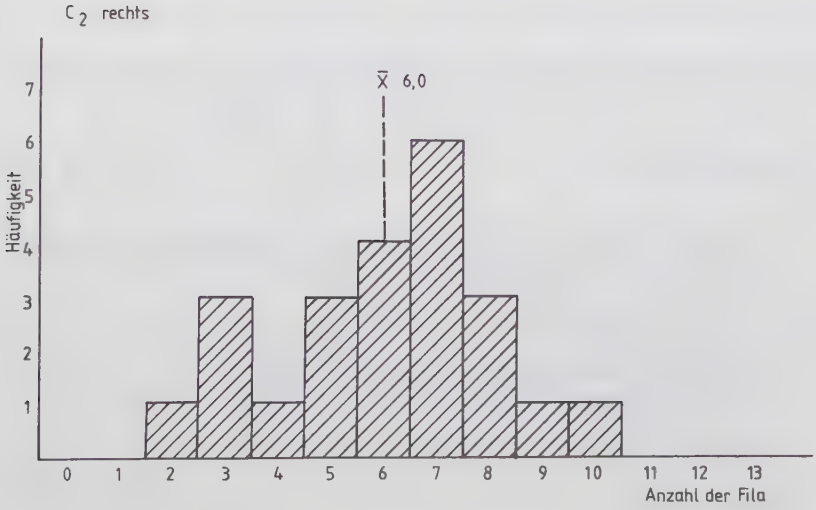


Abb. 9 b
Häufigkeitsverteilung der Filaanzahl pro Segment für C_2

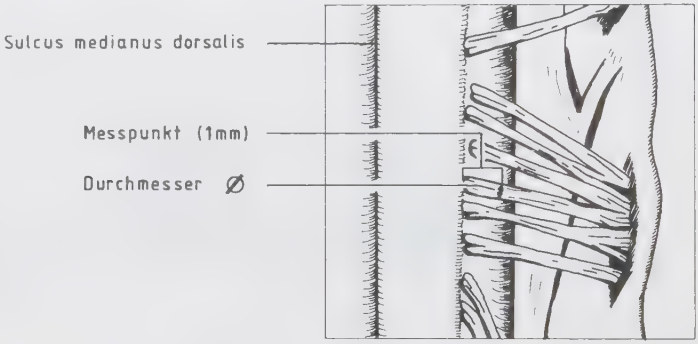




4. Durchmesser der Fila radicularia dorsalia

Gemessen wurde bei 20-facher Vergrößerung (50µm-Einteilung). Für ovale Querschnitte wurde ein mittlerer Durchmesser ermittelt. Der Meßpunkt lag 1 mm vor dem Rückenmarkeintritt.

Abb. 10
Messung der Filadurchmesser (Ø)



4. a) Befundübersicht

Die folgende Tabelle 6 gibt eine Übersicht der mittleren Filadurchmesser $\bar{\varnothing}$ sowie der Extremwert min und max.

Erläuterung:

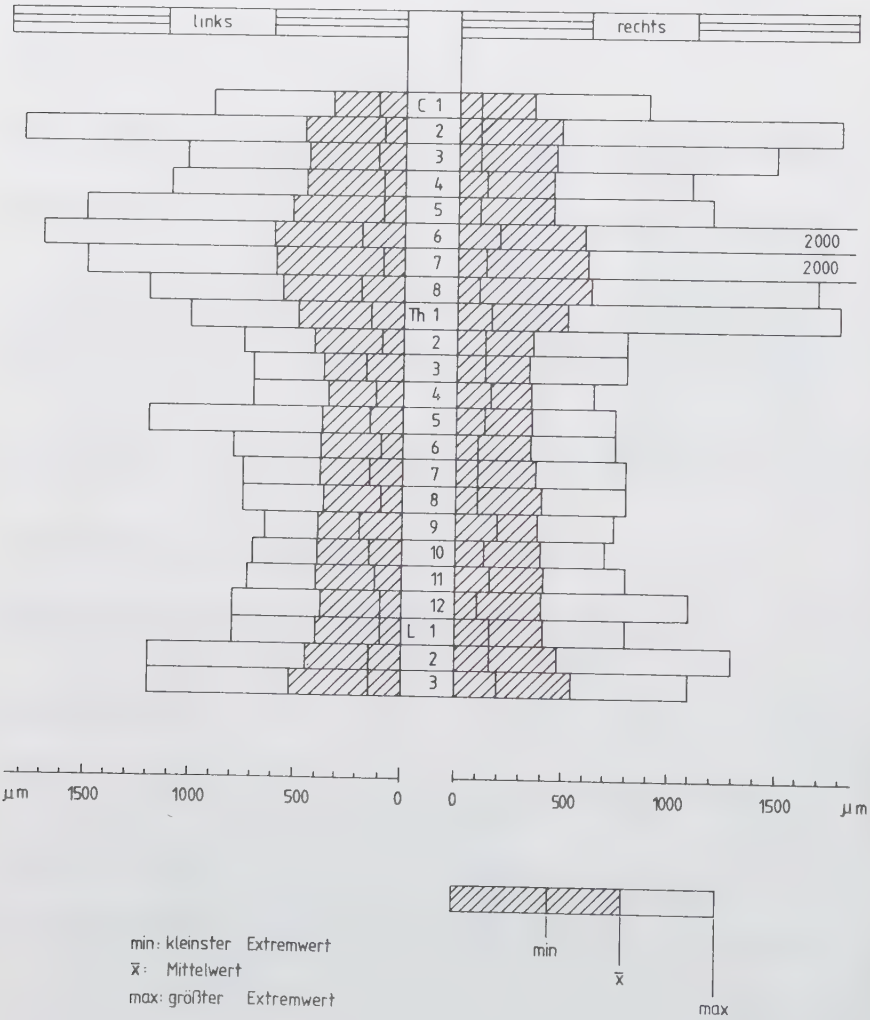
$\bar{\varnothing}$: mittlerer Durchmesser eines Filum radiculare dorsale
min: kleinster gemessener Durchmesser
max: größter gemessener Durchmesser
$\bar{x}$: Mittelwert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

Einheit: 1 µm

Tabelle 6: Durchmesser der Fila radicularia dorsalia $\bar{\varnothing}$ (µm)

		links							rechts					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	336	125	900	172	73	21	C 1	349	100	900	171	86	21
	2	475	100	1800	271	80	23	2	485	100	1800	319	82	23
	3	456	125	1025	203	64	20	3	462	100	1500	226	74	24
	4	460	100	1100	198	76	19	4	445	125	1100	193	66	23
	5	523	100	1500	226	73	18	5	450	100	1200	210	67	26
	6	615	200	1700	235	71	19	6	598	200	2000	241	78	26
	7	608	100	1500	258	68	19	7	608	125	2000	254	72	27
	8	568	200	1200	224	67	20	8	629	100	1700	276	81	26
Th	1	494	150	1000	178	69	20	Th 1	520	150	1800	230	80	28
	2	422	100	750	132	77	19	2	359	125	800	114	75	28
	3	373	175	700	113	63	23	3	341	125	800	110	74	28
	4	355	125	700	114	73	28	4	349	150	650	102	79	31
	5	380	150	1200	126	72	36	5	358	125	750	118	76	40
	6	381	100	800	120	70	41	6	353	100	750	122	69	35
	7	383	150	750	125	66	39	7	372	100	800	120	69	37
	8	369	100	750	112	63	39	8	405	100	800	130	66	41
	9	394	200	650	117	70	41	9	386	200	750	116	71	40
	10	394	150	700	122	69	42	10	396	125	700	114	72	38
	11	405	125	725	130	66	42	11	411	150	800	120	69	38
	12	378	100	800	139	77	42	12	407	100	1100	155	69	33
L	1	401	100	800	153	73	38	L 1	410	150	800	147	66	34
	2	450	150	1200	172	67	40	2	482	150	1300	192	69	29
	3	525	150	1200	182	69	34	3	549	200	1100	183	61	27

Abb. 11
Durchmesser der Fila radicularia dorsalia $\bar{\emptyset}$



4. b) Ergebnisse

Die Ergebnisse für den mittleren Durchmesser der Fila radicularia dorsalia $\bar{\emptyset}$ sind in Abb. 11 zusammengefaßt. Das Histogramm zeigt für jedes Segment den Mittelwert ($\bar{x}$), den kleinsten Extremwert (min) und größten Extremwert (max).
In dem ausgewerteten Bereich von C_1 bis L_3 sind für den Filadurchmesser zwei Maxima zu erkennen. Das erste Maximum fand sich links bei C_6 (615 µm), rechts bei C_8 (629 µm). Das zweite Maximum ergab sich bei L_3 mit 525 µm links und 549 µm rechts. Das erste Zervikalsegment wies die kleinsten Durchmesser auf (links 336 µm, rechts 349 µm). Weitere Minima lagen im Thorakalbereich (links Th_4 355 µm, rechts Th_3 341 µm).

4. c) Durchmesser der Fila radicularia dorsalia in Abhängigkeit von der Filaanzahl für C_1 und C_2

Da bei den Untersuchungen der kraniozervikalen Übergangsregion besondere Beachtung zukam, wurde für die Segmente C_1 und C_2 zusätzlich ausgewertet, inwieweit sich die mittleren Durchmesser mit zunehmender Filaanzahl ändern. Dabei wurden Segmente mit gleicher Filaanzahl (f) zusammengefaßt und die jeweiligen Durchschnittsdurchmesser errechnet. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 7 aufgeführt.

Erläuterung:

$\bar{x}$: mittlerer Filadurchmesser in Abhängigkeit von f
f : Anzahl der Fila radicularia dorsalia pro Segment
min: kleinster gemessener Durchmesser
max: größter gemessener Durchmesser
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

Einheit: 1 µm

Tabelle 7: Durchmesser der Fila radicularia dorsalia in Abhängigkeit von f (µm)

	links								rechts						
	f	$\bar{x}$	min	max	s	%	n		f	$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C_1	1	636	450	900	141	71	7	C_1	1	543	250	900	233	57	7
	2	466	250	700	185	62	4		2	372	200	500	80	80	5
	3	282	150	500	79	80	5		3	289	200	650	111	94	6
	4	244	200	300	32	62	2		4	287	100	800	229	87	2
	6								6	350	200	500	126	50	1
	7	229	200	250	27	57	1		7						
	9	244	125	600	164	89	1		9						
	10	335	200	550	138	80	1		10						
C_2	2							C_2	2	625	550	700	106	50	1
	3	692	100	1100	338	67	2		3	883	300	1400	374	56	3
	4	759	300	1500	310	75	4		4	1150	500	1600	464	75	1
	5	487	300	1400	272	93	5		5	583	300	1350	272	67	3
	6	565	250	1800	339	87	4		6	423	100	800	198	70	4
	7	492	100	800	195	52	3		7	430	100	1150	216	80	6
	8	383	150	800	140	80	5		8	475	150	1800	408	83	3
	9								9	244	200	300	53	56	1
	10								10	310	250	600	113	90	1
	13	287	100	900	142	88	2		13						

Aus der Tabelle 7 läßt sich die Tendenz ersehen, daß der mittlere Durchmesser der Fila radicularia dorsalia eines Segments mit zunehmender Anzahl der Wurzelfäden kleiner wurde.

5. Gesamtquerschnitt der Fila radicularia dorsalia

Wenn man die mittlere Filaanzahl $\bar{f}$ und den dazugehörigen mittleren Durchmesser $\bar{\emptyset}$ zusammen betrachtet, läßt sich eine Aussage über den Gesamtquerschnitt der Fila radicularia dorsalia für jedes Segment treffen. Die Querschnittsfläche eines Filums läßt sich berechnen nach der Formel:

$$\text{Querschnittsfläche } F = \bar{\emptyset}^2 \times \frac{\pi}{4} \quad (\pi = \text{Kreiskonstante})$$

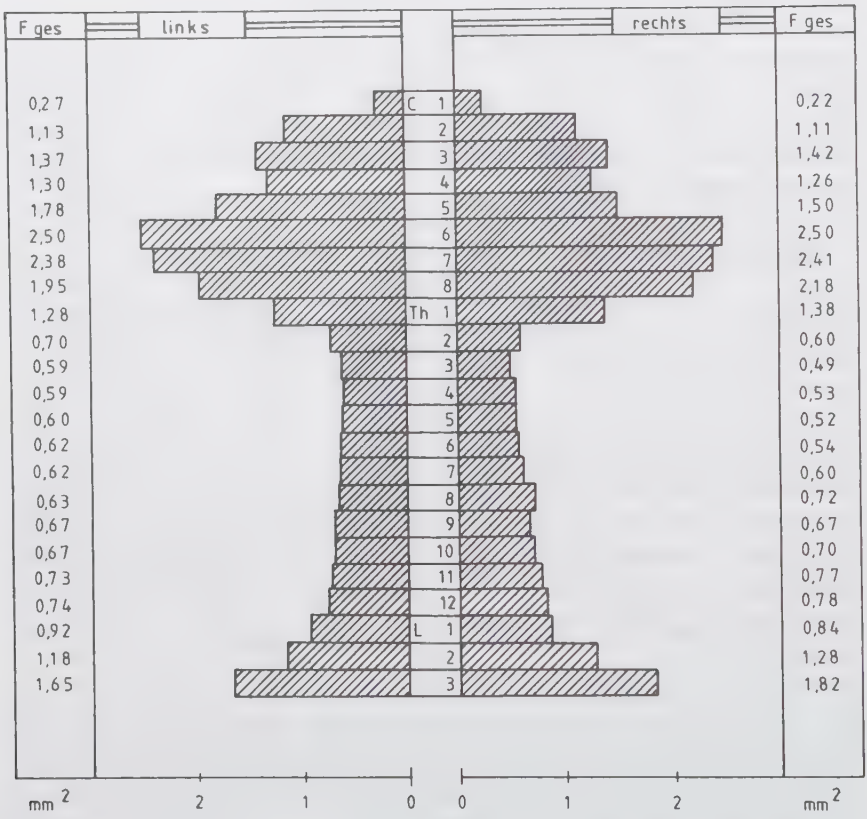
So erhält man über das Produkt $\bar{f} \times F$ den Gesamtquerschnitt der Fila für ein Segment

$$\text{Gesamtquerschnitt } F_{ges} = \bar{f} \times \bar{\emptyset}^2 \times \frac{\pi}{4}$$

Um die Gesamtfaserstärke der Segmente untereinander vergleichen zu können, ist der rechnerische Gesamtquerschnitt F_{ges} der Fila radicularia dorsalia in einer graphischen Darstellung zusammengefaßt (Abb. 12). Sie enthält gleichzeitig eine Tabelle der Zahlenwerte für F_{ges} (Einheit: 1 mm²).

Die graphische Darstellung zeigt, daß der Gesamtquerschnitt der Fila radicularia dorsalia im ausgewerteten Bereich zwei Maxima aufwies. Sie lagen im Zervikalbereich bei C_6 (je 2,5 mm²) und im Lumbalbereich bei L_3 (links 1,65 mm², rechts 1,82 mm²). Die Zunahme der Querschnitte im Zervikalbereich fiel mit der Intumescentia cervicalis zusammen, die sich nach Benninghoff/Goerttler vom Ursprung des 4. Zervikal- bis 1. Thorakalnerven erstreckt. Auch im Lumbalbereich stiegen die Querschnitte mit Beginn der Intumescentia lumbalis deutlich an. Diese Rückenmarksanschwellung liegt nach Benninghoff/Goerttler im Ursprungsbereich des 1. Lumbal- bis 3. Sakralnerven.

Abb. 12
Gesamtquerschnitt der Fila radicularia dorsalia F_{ges}



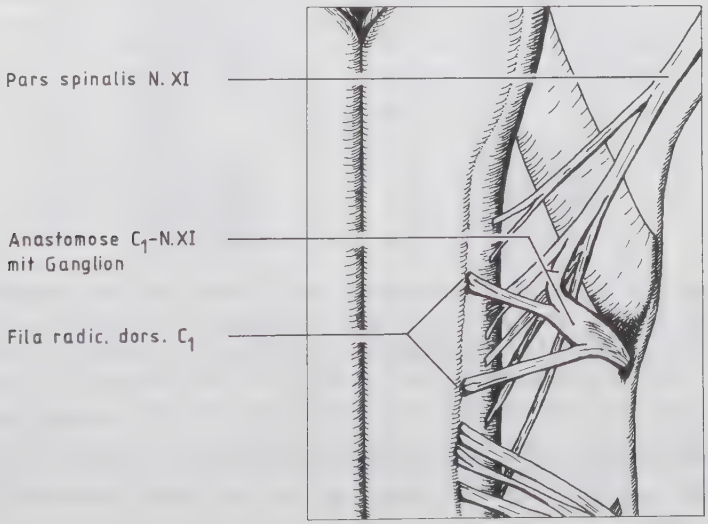
6. Anastomosen der Fila radicularia dorsalia

Bei der Durchmesserbestimmung der Fila radicularia dorsalia wurden auch Anastomosen registriert. Als Anastomosen wurden alle Fasern angesehen, die vom normalen Verlauf der Fila eines Segments, d.h. von der Eintrittsregion zur entsprechenden Duratasche, abwichen. Hier fielen zwei Gruppen auf: zum einen Anastomosen mit einem Hirnnerven, zum anderen Anastomosen der Rückenmarksegmente untereinander (intersegmentale Anastomosen).
Aufgrund der Variabilität dieser Nervenverbindungen wurden die Meßpunkte nicht festgelegt, sondern jeweils ein repräsentativ scheinender Punkt der Verlaufstrecke gewählt.

6. a) Anastomosen mit dem N.accessorius

Nervenanastomosen mit der Pars spinalis n. accessorii wurden an den oberen drei Zervikalsegmenten gefunden. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 13.

Abb. 13
Fila radicularia dorsalia C_1 mit Anastomose



Für diese Anastomosen der Fila radicularia dorsalia mit dem N.accessorius wurde die Häufigkeit des Vorkommens und der mittlere Durchmesser festgehalten. Die einzelnen Werte für die Segmente sind in Tabelle 8 zusammengefaßt.

Erläuterung:

Seg : Segment, das mit N XI Anastomosen bildet
n : Anzahl der untersuchten Präparate
n+ : Anzahl der positiven Befunde
Vk % : Häufigkeit des Vorkommens
Fasern: vorkommende Faseranzahl
$\bar{x}$: mittlerer Durchmesser der Anastomosenfasern in µm

Tabelle 8: Anastomosen mit N XI

links						rechts					
Seg	n	n+	Vk %	Fasern	$\bar{x}$	Seg	n	n+	Vk %	Fasern	$\bar{x}$
C_1	21	11	52	1 - 3	373	C_1	22	18	82	1 - 3	372
C_2	23	12	52	1 - 2	232	C_2	23	8	35	1 - 2	174
C_3	22	2	9	1x3 u. 1x1	3x200 u.175	C_3	23	2	9	je 1	250 u. 350

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, wurden die Anastomosen der dorsalen Wurzelfäden mit dem N.accessorius von C_1 nach C_3 seltener und im Durchmesser geringer.

Ein Ganglion bei Anastomosen des N XI mit C_1 war in 9 von 22 Fällen (41 %) rechts nachzuweisen, in 9 von 21 Fällen (43 %) links.

6. b) Intersegmentale Anastomosen

Die Anastomosen der Zervikalsegmente untereinander hatten variable Gestalt. Es fanden sich im wesentlichen vier Variationen (vgl. Abb. 14):

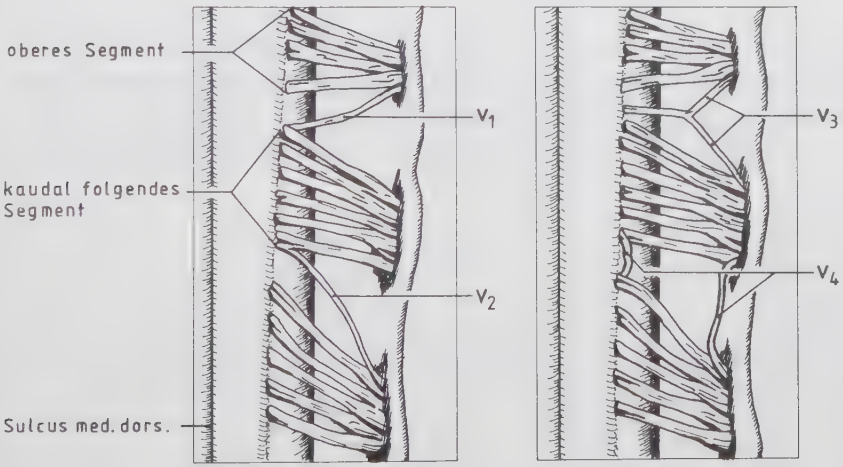
v_1: Faserstränge, die von der Duratasche eines oberen Segmentes zur Nerveneintrittsregion des nächstunteren zogen.

v_2: Anastomosen mit Verlauf vom Duradurchtritt eines unteren zur Eintrittsregion des kranial folgenden Segments.

v_3: Y-förmige Anastomosenverläufe

v_4: Direktverbindungen zwischen den Eintrittsregionen bzw. zwischen den Duradurchtritten.

Abb. 14
Variationen von intersegmentalen Anastomosen



In der weiteren Auswertung wurde zwischen diesen Variationen nicht unterschieden. Es wurde die Häufigkeit des Vorkommens und der mittlere Durchmesser der intersegmentalen Anastomosen bestimmt. Die folgende Tabelle 9 gibt eine Befundübersicht (Einteilung wie Tabelle 8).

Tabelle 9: Intersegmentale Anastomosen, dorsal

		links						rechts				
		n	n+	VK %	Fasern	$\bar{x}$		n	n+	VK %	Fasern	$\bar{x}$
C	1- 2	21	5	24	1	330	C	21	6	29	1	275
	2- 3	23	14	61	1 - 2	237		23	12	52	1	321
	3- 4	20	7	35	1	236		24	11	46	1	232
	4- 5	19	9	47	1	297		23	13	56	1	204
	5- 6	18	10	56	1 - 2	315		26	14	54	1	268
	6- 7	19	7	37	1	275		26	15	58	1	252
	7- 8	19	10	53	1	223		27	13	48	1	279
	8-Th1	20	4	20	1	288		26	9	35	1 - 2	273
Th	1- 2	20	4	20	1	213	Th	28	6	21	1	201
	2- 3	19	2	10	1 - 2	200		28	4	14	1	238
	3- 4	23	1	4	1	400		28	5	18	1	205
	4- 5	28	2	7	1	188		31	4	13	1	200
	5- 6	36	6	17	1	208		40	5	12	1	220
	6- 7	41	5	12	1	205		35	6	17	1	167
	7- 8	39	3	8	1	225		37	4	11	1	175
	8- 9	39	4	10	1 - 2	195		41	6	15	1	217
	9-10	41	2	5	1	138		40	9	22	1	169
	10-11	42	6	14	1	192		38	1	3	1	300
	11-12	42	4	9	1	206		38	1	3	1	350
	12-L1	42	3	7	1	192		33	4	12	1	200
L	1- 2	38	1	3	1	250	L	34	5	15	1	200
	2- 3	40	6	15	1	275		29	1	3	1	250

Intersegmentale Anastomosen kamen auf der dorsalen Rückenmarksseite im Zervikalbereich besonders häufig vor. Linksseitig fanden sich im Bereich C_2 - C_7 bei jedem Segment in mehr als 30 % der Fälle Anastomosen; auf der rechten Rückenmarksseite erstreckte sich dieser Bereich von C_2 bis C_8. Das Maximum lag links bei C_2 mit positiven Befunden bei 61 % der untersuchten Präparate. Rechts kamen intersegmentale Nervenverbindungen in Höhe des 6. Zervikalsegmentes am häufigsten vor (58 % der untersuchten Präparate bei C_6).
Die thorakalen und lumbalen Rückenmarkssegmente wiesen weit weniger Anastomosen auf. Das geringste Vorkommen zeigte sich bei L_1 links, Th_{10} rechts und Th_{11} rechts mit positiven Befunden bei weniger als 3 % der untersuchten Präparate.
Die mittleren Durchmesser der intersegmentalen Anastomosen schwankten dorsal zwischen rund 140 µm und 330 µm (s.o. Tabelle) mit Anhäufung der größeren Werte im Zervikalbereich.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die dorsalen intersegmentalen Anastomosen in der Pars cervicalis des Rückenmarks häufiger vorkamen und im Mittel größere Durchmesser aufwiesen als in tieferen Rückenmarksabschnitten.

II. FILA RADICULARIA VENTRALIA

Bei der Untersuchung der ventralen Fila radicularia war es schwierig, eine klare Klassifizierung zu treffen. Aus dem Rückenmark geht eine Vielzahl von feinen Ursprungsfäden hervor, die sich in sehr unterschiedlicher Entfernung vom Rückenmark zu stärkeren Nervensträngen ("Teilbündel") vereinigen und schließlich, in wenige Bündel (Radix ventralis) zusammengelagert, die Durapforte durchtreten.

Deshalb wurden, um das Meßverfahren vereinheitlichen zu können, lediglich die Ursprungsfäden am Rückenmarkaustritt und die Nervenbündelungen vor dem Duradurchtritt untersucht.

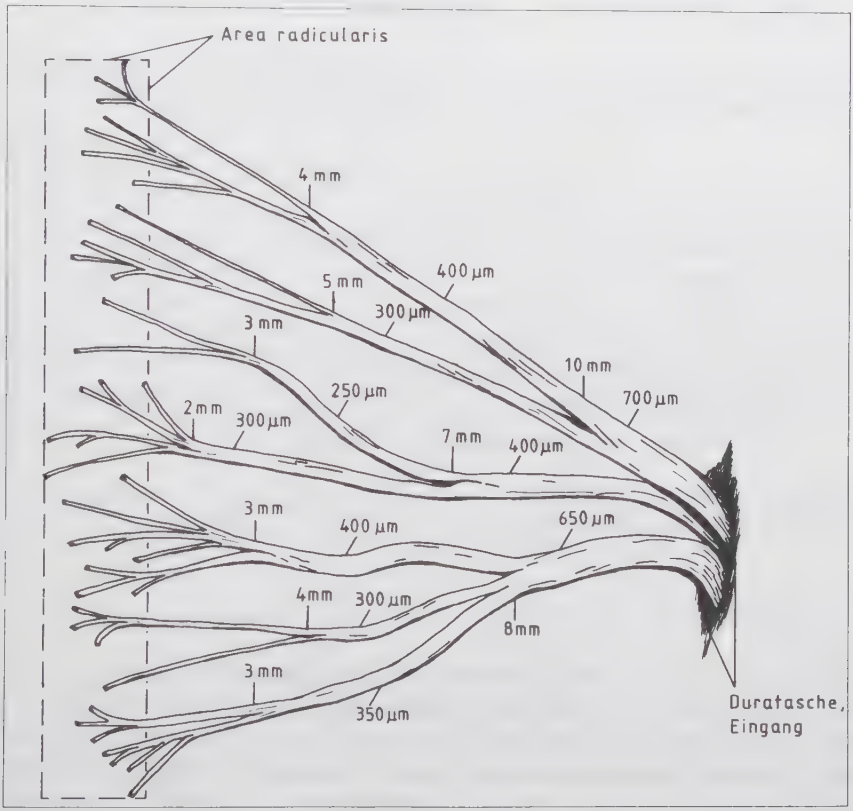
Ein Beispiel soll die Bildung der ventralen Radizes in ihrer Vielfalt aufzeigen und die Vereinfachung des Meßverfahrens erklären. Die Werte wurden am 3. Zervikalsegment einer linken Rückenmarkhälfte gewonnen.

Beispiel:
38 Ursprungsfäden mit einem Durchmesser von 100-150 µm vereinigen sich in 2-5 mm Entfernung vom Rückenmark zu 7 stärkeren Nervensträngen ("Teilbündel") mit 250-400 µm Durchmesser. Diese wiederum bilden, 7-10 mm vom Rückenmark entfernt, 3 Nervenbündel mit 400-700 µm Durchmesser, die schließlich die Durapforte durchtreten. In Abb. 15 (folgende Seite) ist diese Variante skizziert.

Im Untersuchungsbereich C_1 bis L_3 wurde bestimmt:

u : Anzahl der ventralen Ursprungsfäden
$\emptyset_u$: Durchmesser der ventralen Ursprungsfäden
m : Anzahl der Nervenbündel der Radices ventrales
$\emptyset_m$: Durchmesser der Nervenbündel, ventral

Abb. 15
Bildung der Radix ventralis an einem Beispiel (C_3 links)
Eingezeichnet: Abstand vom Rückenmark (mm), Durchmesser (µm)



Die Messungen wurden bei 20-facher Vergrößerung gewonnen, d.h. 50µm-Einteilung der Okularskalierung. Bei der Bestimmung der Durchmesser feiner Ursprungsfäden wurden die Werte mit 40-facher Vergrößerung (25µm-Einteilung) kontrolliert.

Teilweise konnten an einem Segment nur die Ursprungsfäden untersucht werden, an einem anderen nur die Nervenbündel. Dadurch kommt es zu Differenzen in der Anzahl der gemessenen Präparate.

1. Anzahl der Ursprungsfäden

1. a) Befundübersicht

Die mittleren Anzahlen der ventralen Ursprungsfäden $\bar{u}$ sind für jede Segmentgruppe in Tabelle 10 eingetragen.

Erläuterung:

$\bar{u}$: mittlere Anzahl der Ursprungsfäden pro Segment
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

(Tabelle folgende Seite)

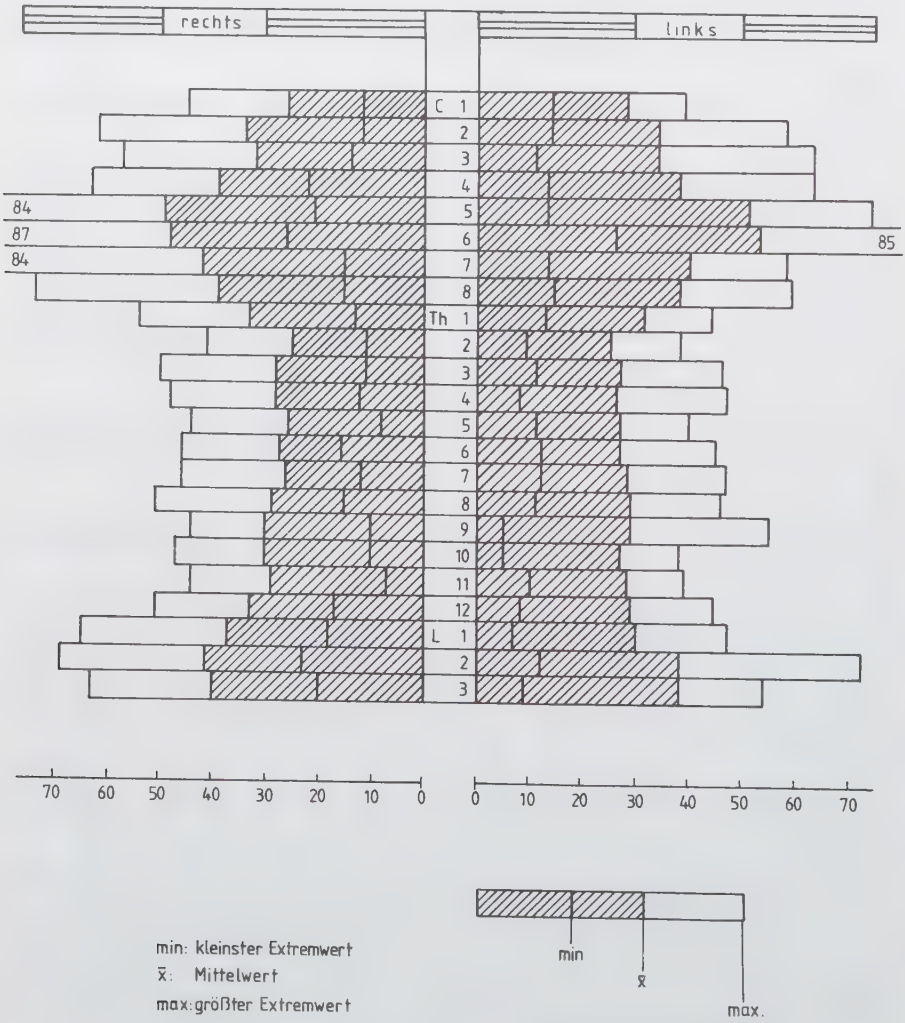
1. b) Ergebnisse

Abbildung 16 gibt einen Überblick für die mittlere Anzahl der ventralen Ursprungsfäden pro Segment ($\bar{u}$). Am 1. Zervikalsegment kamen im Mittel links 28 Ursprungsfäden vor, rechts waren es 26. Zum mittleren Zervikalbereich nahm die Anzahl zu. Das Maximum lag hier links bei C_6 ($\bar{u}$ = 53) und rechts bei C_5 ($\bar{u}$ = 49). Im Thorakalbereich lagen die Werte wieder niedriger. In Höhe des 2. Thorakalsegmentes fanden sich beidseits im Mittel nur 25 Ursprungsfäden. Die Anzahl der Ursprungsfäden stieg zum Lendenbereich hin erneut an. Hier ergab sich links ein Mittelwert von 38 bei L_3. Für die rechten Präparatehälften wurde bei L_2 eine Zunahme der Anzahl auf 41 verzeichnet.
Ähnlich der dorsalen Befunde läßt sich auch ventral eine Zunahme der Anzahl der Ursprungsfäden im Bereich der Intumescentia cervicalis und lumbalis erkennen.

Tabelle 10: $\bar{u}$ Anzahl der ventralen Ursprungsfäden pro Segment

		rechts							links					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	26	12	45	9,7	71	12	C	1	28	14	39	8,7	50	12
	2	34	12	62	10,3	73	22		2	34	14	58	11,3	81	16
	3	32	14	57	10,5	71	21		3	34	11	63	11,9	80	15
	4	39	22	63	14,6	64	22		4	38	13	63	14,3	71	14
	5	49	21	84	19,4	54	24		5	51	13	74	19,0	64	14
	6	48	26	87	18,0	73	26		6	53	26	85	19,0	67	12
	7	42	15	84	18,4	70	27		7	40	43	58	14,8	58	12
	8	39	15	74	16,4	68	25		8	38	14	59	12,8	56	16
Th	1	33	13	54	12,3	59	29	Th	1	31	13	44	8,7	53	17
	2	25	11	41	8,9	63	27		2	25	9	38	8,0	65	17
	3	28	11	50	10,9	64	28		3	27	11	46	9,0	75	20
	4	28	12	48	8,4	64	33		4	26	8	47	8,3	67	27
	5	26	8	44	8,2	73	37		5	27	11	40	5,9	74	35
	6	27	16	46	8,0	62	34		6	27	12	45	7,6	71	38
	7	26	12	46	7,9	74	38		7	28	12	47	7,6	73	37
	8	29	15	51	8,1	68	38		8	29	11	46	8,1	67	39
	9	30	10	44	8,5	68	40		9	29	5	55	9,0	80	40
	10	30	10	47	8,8	74	35		10	27	5	38	7,6	73	41
	11	29	7	44	8,0	71	35		11	28	10	39	7,5	65	40
	12	33	17	51	7,7	75	28		12	29	7	45	7,7	71	41
L	1	37	18	65	10,9	81	26	L	1	30	7	47	9,2	72	39
	2	41	23	69	11,6	70	27		2	38	12	72	12,7	73	40
	3	40	20	63	11,9	75	24		3	38	9	54	10,4	81	31

Abb. 16
Anzahl der ventralen Ursprungsfäden $\bar{u}$



2. Durchmesser der Ursprungsfäden

Der Durchmesser der ventralen Ursprungsfäden $\emptyset_u$ erwies sich als relativ konstant. Deshalb und wegen der großen Anzahl der Meßwerte (ca. 40 000) wurde auf die gesonderte Berechnung der mittleren Durchmesser verzichtet. Die Werte schwankten zwischen 75 µm und 250 µm mit deutlicher Anhäufung im Bereich 125-150 µm.

3. Anzahl der Nervenbündel der Radices ventrales

3. a) Befundübersicht

Tabelle 11 (folgende Seite) faßt die mittleren Bündelanzahlen der ventralen Radices $\bar{m}$ zusammen.

Erläuterung:

$\bar{m}$: mittlere Anzahl der Nervenbündel pro Segment
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Messungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

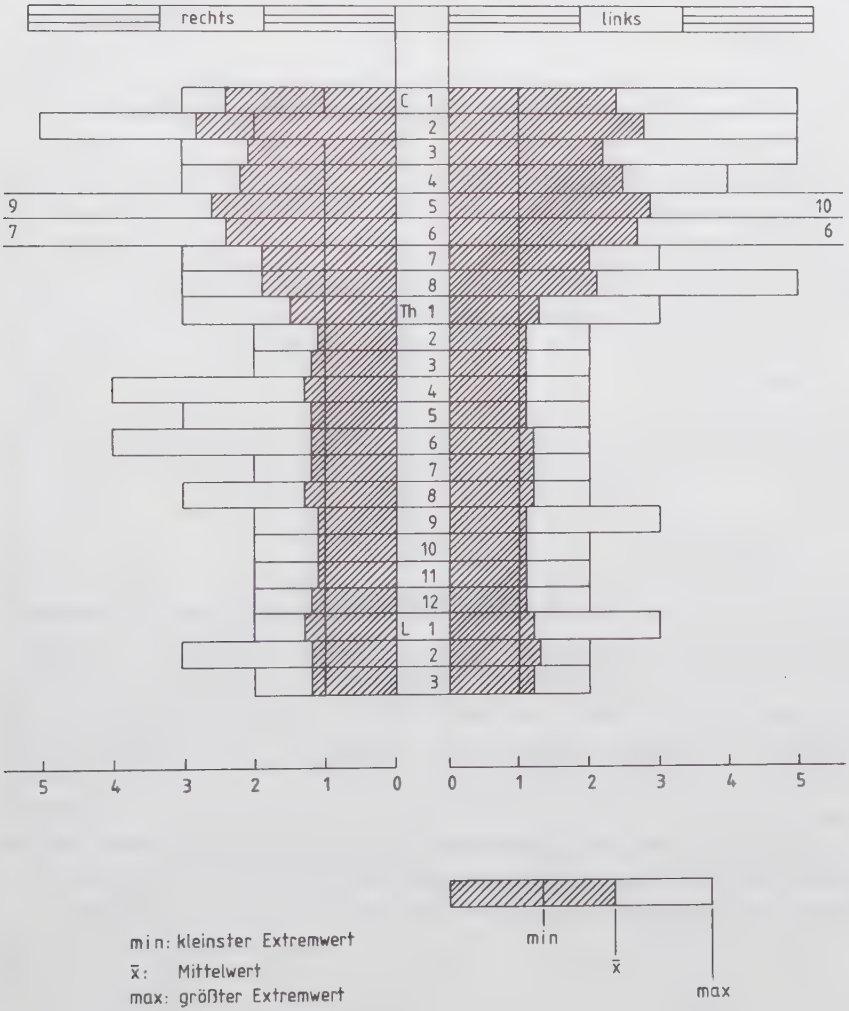
3. b) Ergebnisse

In Abbildung 17 sind die Ergebnisse für die Anzahl der ventralen Nervenbündel $\bar{m}$ zusammengefaßt.
Im Zervikalbereich lagen die höchsten Werte vor. Bei C_1 fanden sich im Mittel beidseits 2,4 Nervenbündel. Das Maximum wurde für die linken Präparatehälften bei C_5 mit 2,9 erreicht. Auf der rechten Seite wurde der größte Mittelwert bei C_2 mit 2,8 errechnet. In unteren Rückenmarksabschnitten waren die Werte deutlich kleiner. Bei Th_{11} durchtraten beidseits nur durchschnittlich 1,1 Nervenbündel die Durapforte.

Tabelle 11: $\bar{m}$ Anzahl der Nervenbündel der Radices ventrales pro Segment

		rechts							links					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	2,4	1	3	0,7	89	19	C	1	2,4	1	5	1,2	57	14
	2	2,8	2	5	0,9	77	22		2	2,8	1	5	1,1	63	16
	3	2,1	1	3	0,7	48	21		3	2,2	1	5	1,0	76	17
	4	2,2	1	3	0,6	62	21		4	2,5	1	4	0,8	82	17
	5	2,6	1	9	1,7	88	25		5	2,9	1	10	2,1	94	17
	6	2,4	1	7	1,2	71	28		6	2,7	1	6	1,3	81	16
	7	1,9	1	3	0,7	48	29		7	2,0	1	3	0,9	39	18
	8	1,9	1	3	0,7	54	26		8	2,1	1	4	1,1	50	20
Th	1	1,5	1	3	0,6	97	29	Th	1	1,3	1	3	0,6	72	18
	2	1,1	1	2	0,4	85	27		2	1,1	1	2	0,3	90	20
	3	1,2	1	2	0,4	77	30		3	1,1	1	2	0,4	85	26
	4	1,3	1	4	0,6	78	37		4	1,1	1	2	0,3	90	30
	5	1,2	1	3	0,5	79	38		5	1,1	1	2	0,4	85	40
	6	1,2	1	4	0,6	59	35		6	1,2	1	2	0,4	83	41
	7	1,2	1	2	0,4	80	40		7	1,2	1	2	0,4	79	43
	8	1,3	1	3	0,5	75	40		8	1,2	1	2	0,4	84	43
	9	1,1	1	2	0,3	88	40		9	1,1	1	3	0,4	88	43
	10	1,1	1	2	0,3	89	37		10	1,1	1	2	0,3	90	42
	11	1,1	1	2	0,3	92	36		11	1,1	1	2	0,3	90	41
	12	1,2	1	2	0,4	84	32		12	1,1	1	2	0,4	85	41
L	1	1,3	1	2	0,5	73	30	L	1	1,2	1	3	0,5	88	40
	2	1,2	1	3	0,5	79	29		2	1,3	1	2	0,5	67	42
	3	1,2	1	2	0,4	83	24		3	1,2	1	2	0,4	82	33

Abb. 17
Anzahl der Nervenbündel der Radices ventrales $\bar{m}$



4. Durchmesser der Nervenbündel

4. a) Befundübersicht

Die Werte für die mittleren Durchmesser der ventralen Nervenbündel $\bar{\varnothing}_m$ sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Erläuterung:

$\bar{\varnothing}_m$: mittlerer Durchmesser der ventralen Nervenbündel
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Messungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

Einheit: 1 µm

(Tabelle folgende Seite)

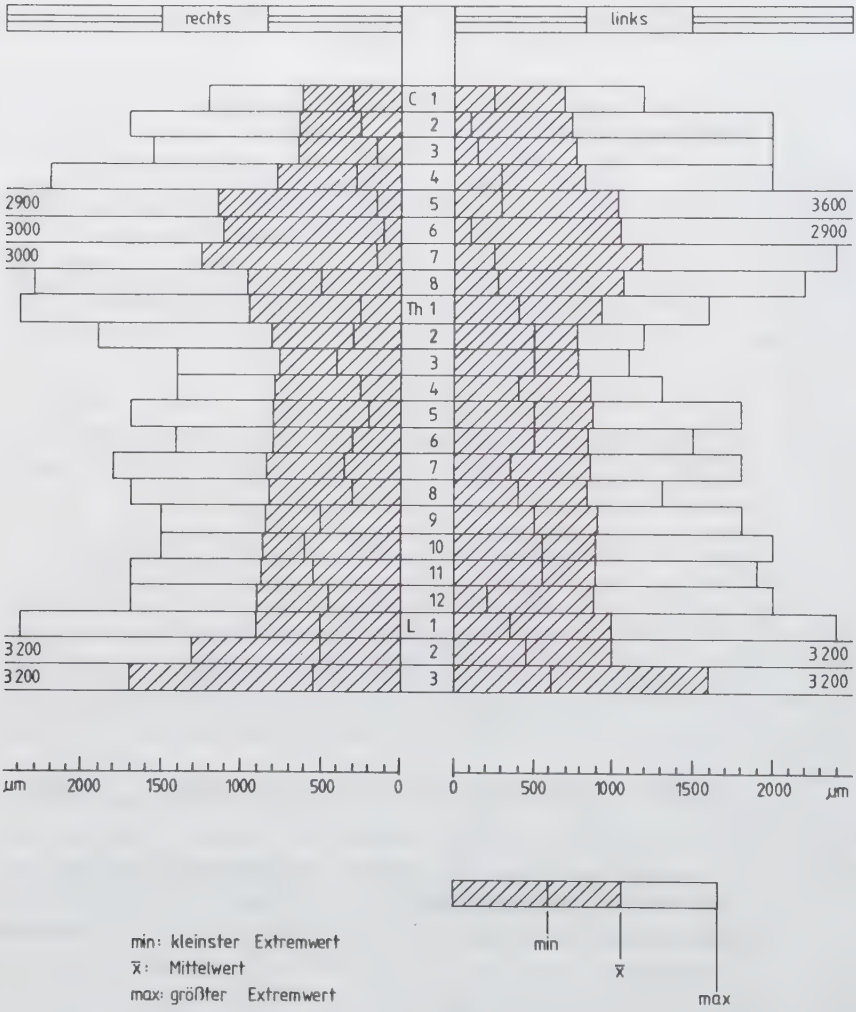
4. b) Ergebnisse

Abbildung 18 zeigt die Ergebnisse für den mittleren Durchmesser der ventralen Nervenbündel im Überblick. Die Werte stiegen von C_1 ($\bar{\varnothing}_m$ links 697 µm, rechts 612 µm) zum mittleren Zervikalbereich hin an. Bei C_7 wurde das 1. Maximum erreicht ($\bar{\varnothing}_m$: links 1182 µm, rechts 1257 µm). Im Thorakalbereich fanden sich wieder kleinere Werte. Das Minimum lag hier links bei Th_2 ($\bar{\varnothing}_m$ 775 µm) und rechts bei Th_3 ($\bar{\varnothing}_m$ 758 µm). Die Lumbalsegmente zeigten ein sprunghaftes Ansteigen der Bündeldurchmesser. Für das 3. Lumbalsegment wurde links ein Mittelwert von 1585 µm errechnet, rechts ergaben sich 1709 µm.

Tabelle 12: $\bar{\emptyset}_m$ Durchmesser der Nervenbündel, ventral (µm)

		rechts								links					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n			$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	612	300	1200	190	74	19	C	1	697	250	1200	244	67	14
	2	633	250	1700	272	75	22		2	740	100	2000	360	77	16
	3	641	150	1550	268	86	21		3	773	150	2000	463	82	17
	4	774	275	2200	353	85	21		4	826	300	2000	411	74	17
	5	1147	150	2900	648	68	25		5	1035	300	3600	723	80	17
	6	1113	100	3000	610	78	28		6	1047	100	2900	489	82	16
	7	1257	150	3000	537	78	29		7	1182	250	2400	514	78	18
	8	958	500	2300	337	78	26		8	1060	275	2200	489	69	20
Th	1	948	250	2400	419	81	29	Th	1	921	400	1600	329	71	18
	2	814	300	1900	323	81	27		2	775	500	1200	199	64	20
	3	758	400	1400	220	65	30		3	780	500	1100	219	60	26
	4	796	250	1400	257	66	37		4	856	400	1300	201	76	30
	5	802	200	1700	280	68	38		5	863	500	1800	281	85	40
	6	802	300	1400	249	76	35		6	834	500	1500	214	77	41
	7	839	350	1800	281	77	40		7	848	350	1800	335	73	43
	8	821	300	1700	274	73	40		8	832	400	1300	204	70	43
	9	844	500	1500	210	67	40		9	891	500	1800	250	82	43
	10	863	600	1500	202	68	37		10	880	550	2000	255	85	42
	11	869	550	1700	251	82	36		11	882	550	1900	288	84	41
	12	897	450	1700	274	76	32		12	872	200	2000	338	79	41
L	1	907	500	2400	358	84	30	L	1	984	350	2400	405	77	40
	2	1311	500	3200	575	78	29		2	1206	450	3200	621	82	42
	3	1709	550	3200	802	64	24		3	1585	600	3200	661	72	33

Abb. 18
Durchmesser der ventralen Nervenbündel $\bar{\varnothing}_m$



5. Gesamtquerschnitt der Nervenbündel

Entsprechend der Betrachtungen im dorsalen Rückenmarksbereich läßt sich auch ventral rechnerisch ein Gesamtquerschnitt der Nervenbündel ermitteln (vgl. Abschnitt I.5.). In die Rechnung gehen ein:

$\bar{m}$: mittlere Anzahl der ventralen Nervenbündel
$\bar{\varnothing}_m$: mittlerer Durchmesser der ventralen Nervenbündel

Es gilt:

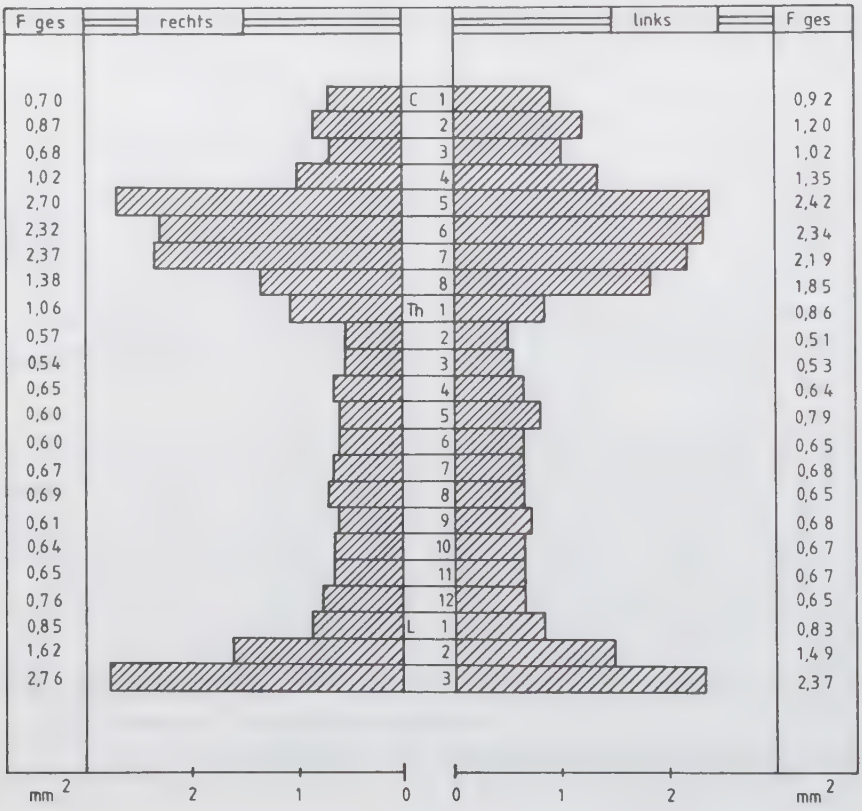
$$\text{Gesamtquerschnittsfläche } F'_{ges} = \bar{m} \times \bar{\varnothing}_m^{\,2} \times \frac{\pi}{4}$$

Zum Vergleich sind die mittleren Gesamtquerschnittsflächen der ventralen Nervenbündel in einer graphischen Darstellung zusammengefaßt (Abb. 19, folgende Seite).

Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, ergaben sich für den Gesamtquerschnitt der ventralen Nervenbündel zwei Maxima. Das erste lag in der Zervikalregion bei C_5 (links 2,42 mm², rechts 2,7 mm²). Das zweite Maximum befand sich am Ende des Auswertungsbereichs bei L_3. Die Querschnittsfläche der Nervenbündel betrug hier links 2,37 mm² und rechts 2,76 mm².

In Übereinstimmung mit den Befunden der dorsalen Rückenmarksregion läßt sich auch ventral ein Zusammenhang mit der Intumescentia cervicalis und lumbalis feststellen (vgl. Abschnitt I.5.).

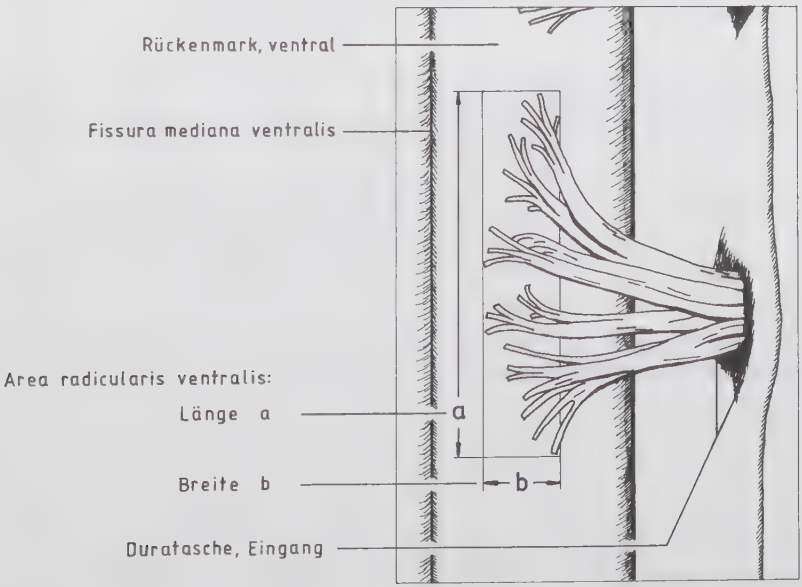
Abb. 19
Gesamtquerschnitt der ventralen Nervenbündel F'_{ges}



6. Abmessungen der Area radicularis ventralis

Abweichend von den dorsalen Rückenmarkswurzeln, die nahezu in einer Linie in das Rückenmark eintreten, entspringen die Fila radicularia ventralia diffuser in einer Zone lateral der Fissura mediana ventralis.
Diese Austrittsregion, die Area radicularis ventralis, wurde für jedes Rückenmarksegment im Bereich C_1 bis L_3 in ihrer größten kraniokaudalen und transversalen Ausdehnung vermessen (Länge a und Breite b, siehe Abb. 20).
Die freien Abschnitte zwischen den einzelnen Austrittsregionen wurden in dieser Untersuchungsreihe nicht berücksichtigt.

Abb. 20
Ausdehnung der Area radicularis ventralis



Die Messungen wurden mit dem Auflichtmikroskop bei 10-facher Vergrößerung durchgeführt, entsprechend 0,1mm-Einteilung der Okularskala.

6. a) Befundübersicht

Für jede Rückenmarksegmentgruppe wurden die Mittelwerte der Länge und Breite der Areae radiculares ventrales ($\bar{a}$ und $\bar{b}$) errechnet. Zusätzlich wurden die jeweiligen Extremwerte festgehalten.
Die Werte sind in den Tabellen 13 a und 13 b zusammengefaßt und für rechte und linke Präparateseiten gegenübergestellt.

Erläuterung:

$\bar{a}$: mittlere Länge der Nervenaustrittsregion
$\bar{b}$: mittlere Breite der Nervenaustrittsregion
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Messungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

Einheit: 1 mm

(Tabellen folgende Seiten)

Tabelle 13 a: $\bar{a}$ Länge der Nervenaustrittsregion, ventral (mm)

		rechts								links					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n			$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	7,9	4,5	11,0	1,7	62	21	C	1	8,9	5,0	15,0	2,0	82	22
	2	12,6	9,0	17,0	2,5	59	22		2	12,3	6,5	16,5	2,4	77	22
	3	12,1	7,5	18,0	2,0	68	22		3	11,6	8,5	14,0	1,7	63	19
	4	12,3	8,5	16,0	1,4	91	22		4	12,1	8,5	17,0	2,1	76	17
	5	13,4	7,5	19,0	2,2	77	26		5	13,1	9,5	16,0	1,8	63	16
	6	13,5	9,0	19,0	2,4	56	27		6	13,5	10,5	18,0	2,8	64	14
	7	12,4	8,5	17,0	2,4	71	28		7	12,0	9,0	18,0	2,3	73	15
	8	11,1	8,0	14,5	2,1	69	26		8	11,1	8,5	14,5	1,8	63	16
Th	1	11,0	7,0	15,0	2,1	76	29	Th	1	10,9	9,0	15,0	1,6	75	16
	2	11,9	8,5	15,5	1,8	65	26		2	12,4	8,5	15,0	1,9	65	17
	3	13,1	9,5	17,5	2,0	61	28		3	14,2	10,0	19,0	2,5	62	21
	4	16,4	12,0	22,0	2,7	72	32		4	16,3	11,0	21,5	3,0	56	27
	5	18,8	12,0	27,0	3,6	71	35		5	18,2	11,0	27,0	3,8	53	36
	6	19,4	14,0	27,0	4,1	53	34		6	19,1	12,5	25,5	3,5	71	38
	7	19,1	13,0	26,0	3,0	71	38		7	19,8	8,5	27,0	3,8	76	37
	8	20,2	16,0	27,0	3,0	66	38		8	19,6	10,0	25,0	3,2	74	39
	9	17,1	10,0	25,0	3,2	73	40		9	18,5	10,0	29,0	3,4	71	41
	10	18,2	12,5	25,0	3,3	66	35		10	17,8	11,0	27,0	2,5	80	41
	11	15,8	10,5	21,5	2,7	69	35		11	16,3	11,0	22,0	2,9	63	40
	12	15,2	10,0	21,0	3,0	72	29		12	15,6	9,5	22,0	2,6	66	41
L	1	13,5	9,5	18,0	2,3	67	27	L	1	13,8	9,0	18,0	2,2	65	40
	2	12,1	8,0	15,5	1,7	76	29		2	12,8	8,5	18,0	2,1	60	40
	3	10,4	7,5	13,0	1,8	56	25		3	10,8	7,5	16,5	2,2	66	32

Tabelle 13 b: $\bar{b}$ Breite der Nervenaustrittsregion, ventral (mm)

		rechts							links					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	1,6	1,0	2,4	0,39	57	21	C	1,7	1,0	2,2	0,37	73	22
	2	1,8	0,9	3,1	0,57	68	22	2	1,6	1,0	2,5	0,42	64	22
	3	1,7	0,8	3,0	0,55	77	22	3	1,7	0,9	2,6	0,38	79	19
	4	1,8	1,0	2,8	0,50	56	22	4	1,7	1,0	3,2	0,57	76	17
	5	1,9	0,9	3,0	0,61	69	26	5	2,0	1,3	2,9	0,52	69	16
	6	1,9	0,7	3,0	0,65	52	27	6	1,9	1,0	2,8	0,61	79	14
	7	2,0	1,0	3,4	0,62	64	28	7	1,9	1,0	3,1	0,61	73	15
	8	1,9	1,0	3,0	0,59	69	26	8	1,9	1,3	2,9	0,50	62	16
Th	1	1,7	0,9	2,6	0,50	69	29	Th 1	1,8	1,0	3,2	0,54	75	16
	2	1,7	0,7	2,5	0,59	62	26	2	1,8	1,0	2,6	0,47	53	17
	3	1,7	0,4	3,5	0,65	75	28	3	1,7	0,5	2,7	0,48	76	21
	4	1,8	0,4	3,2	0,54	81	32	4	1,6	0,4	2,3	0,42	70	27
	5	1,8	0,8	2,8	0,49	69	35	5	1,8	0,5	3,0	0,55	67	36
	6	1,8	0,8	2,6	0,48	62	34	6	1,9	0,5	2,9	0,55	79	38
	7	1,8	0,8	2,5	0,35	71	38	7	1,8	0,6	2,5	0,43	78	37
	8	1,8	0,9	2,9	0,45	74	38	8	1,7	0,5	2,6	0,45	74	39
	9	1,7	0,7	2,6	0,40	73	40	9	1,7	0,5	2,9	0,41	78	41
	10	1,6	0,8	3,0	0,45	77	35	10	1,6	0,6	2,4	0,34	78	41
	11	1,5	0,5	2,3	0,37	77	35	11	1,6	0,9	2,4	0,37	73	40
	12	1,5	0,7	2,4	0,42	66	29	12	1,6	0,6	2,5	0,40	71	41
L	1	1,7	1,0	2,8	0,47	70	27	L 1	1,6	0,4	2,4	0,50	63	40
	2	1,6	0,6	2,4	0,45	62	29	2	1,6	0,5	2,5	0,47	36	40
	3	1,6	0,7	2,3	0,38	64	25	3	1,7	1,1	2,4	0,36	63	32

Abb. 21 a
Länge der Areae radiculares ventrales $\bar{a}$

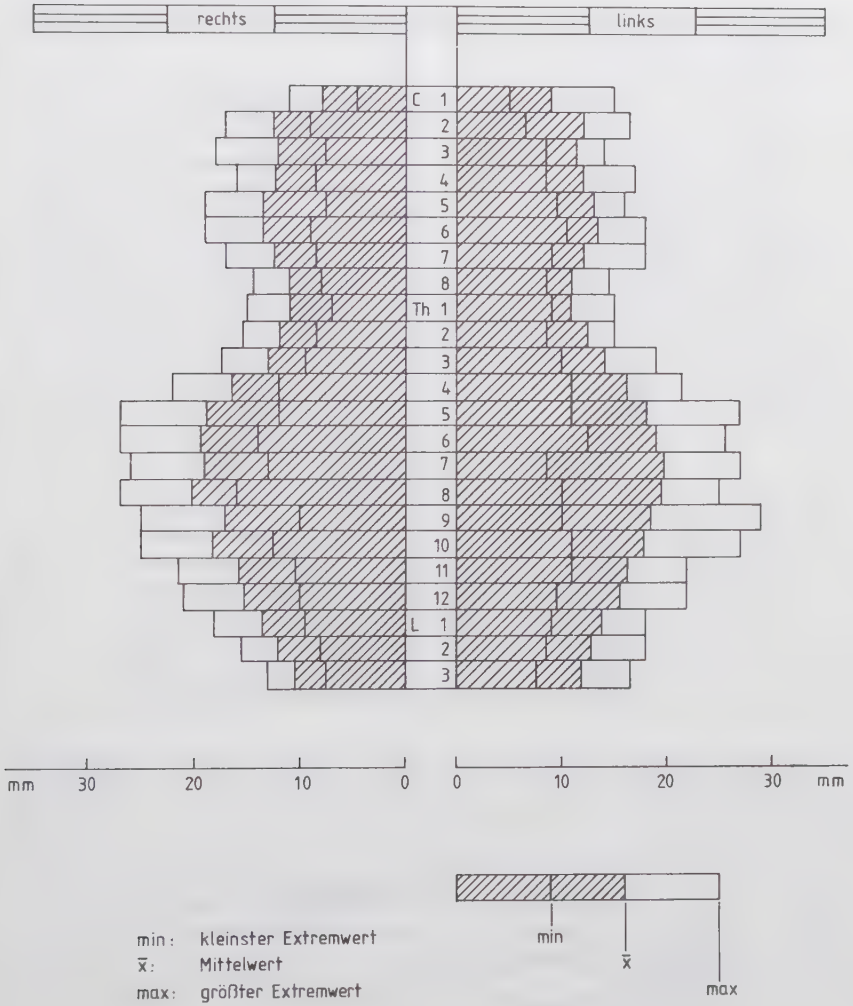
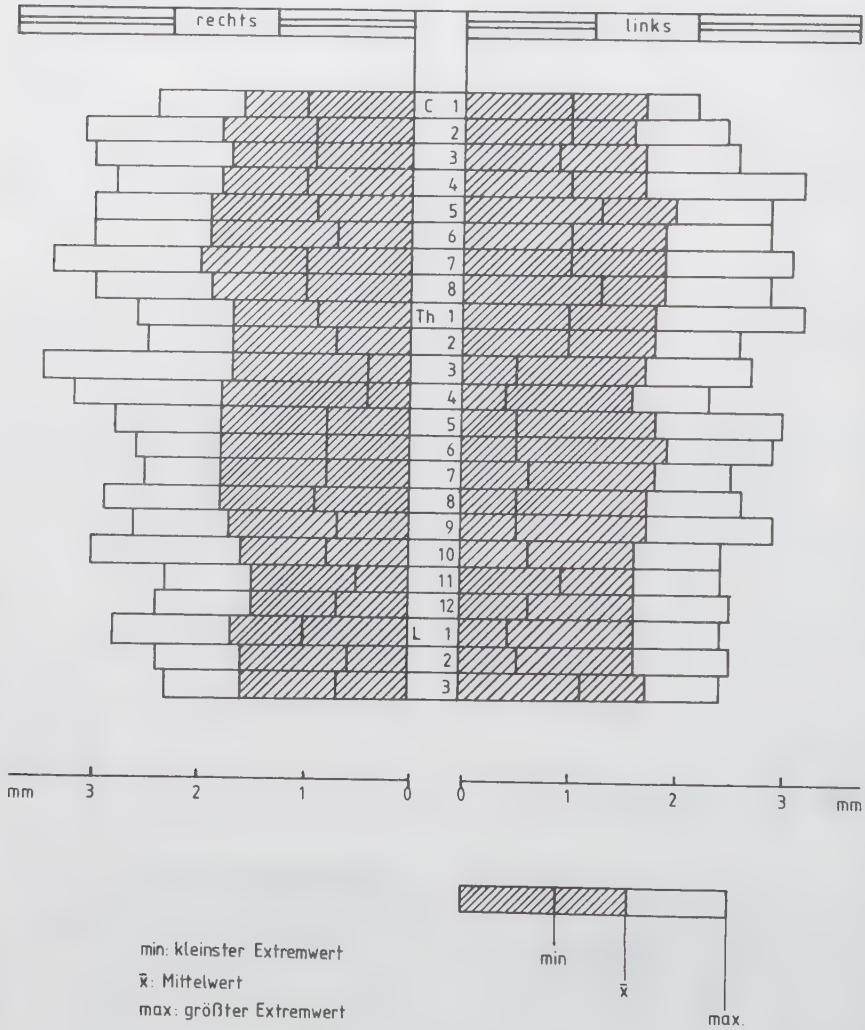


Abb. 21 b
Breite der Areae radiculares ventrales $\bar{b}$



1. b) Ergebnisse

Die Abbildungen 21 a und 21 b zeigen für jedes Segment die mittlere Ausdehnung der Area radicularis ventralis. Es sind die Mittelwerte ($\bar{x}$) für die Länge ($\bar{a}$) und Breite ($\bar{b}$) mit den entsprechenden Extremwerten (min und max) dargestellt.
Die Länge der ventralen Nervenaustrittsregion stieg von C_1 ($\bar{a}$: links 8,9 mm, rechts 7,9 mm) im Zervikalbereich zunächst an. Hier wurden die größten mittleren Ausdehnungen bei C_6 mit beidseits 13,5 mm erreicht.
Bis zum ersten Thorakalsegment wurden die Austrittsregionen wieder kürzer ($\bar{a}$ Th_1: links 10,9 mm, rechts 11,0 mm).
Die Werte nahmen dann zu und erreichten im mittleren Thorakalbereich ein weiteres Maximum. Für die linken Rückenmarkspräparate ergab sich bei Th_7 ein Wert von 19,8 mm. Auf der rechten Seite wurde bei Th_8 für $\bar{a}$ ein Mittel von 20,2 mm errechnet.
Am Ende des Untersuchungsbereiches in Höhe des 3. Lendensegments waren die Werte links wieder auf 10,8 mm gesunken, rechts wurden 10,4 mm ermittelt.

Für die mittlere Breite der Area radicularis ventralis ($\bar{b}$) konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Mittelwerte schwankten über den gesamten Untersuchungsbereich zwischen 1,5 mm und 2,0 mm (Extremwerte: 0,4 mm und 3,5 mm).

7. Intersegmentale Anastomosen

Die ventralen Nervenverbindungen wurden gleichzeitig mit den Fila radicularia ventralia ausgewertet. In diese Betrachtung gingen alle Fasern ein, die zwischen der Area radicularis eines Segmentes und der Duratasche des kranial oder kaudal folgenden Segments verliefen. Entsprechend der Auswertung dorsaler Anastomosen wurde auch im vorderen Rückenmarksbereich kein fixer Meßpunkt gewählt, sondern jeweils ein repräsentativ erscheinender Punkt der Anastomosenverlaufsstrecke zur Durchmesserbestimmung herangezogen.

Es kamen lediglich intersegmentale Anastomosen vor. Für diese wurden die Häufigkeit des Vorkommens und die einzelnen Durchmesser festgehalten. Wegen der geringen Anzahl der Anastomosen im ventralen Rückenmarksbereich wurde auf die Berechnung mittlerer Durchmesser verzichtet.

7. a) Befundübersicht

Die Werte für die ventralen intersegmentalen Anastomosen sind in Tabelle 14 zusammengefaßt.

Erläuterung:

Seg : Segmente, die untereinander Anastomosen ausbilden
n : Anzahl der untersuchten Präparate
n+ : Anzahl der positiven Befunde
VK % : Häufigkeit des Vorkommens
Fasern: Vorkommende Faseranzahl
Ø : Durchmesser der einzelnen Fasern

(Tabelle folgende Seite)

7. b) Ergebnisse

Ventral traten intersegmentale Anastomosen wesentlich seltener auf als dorsal. Bei einzelnen Segmenten konnte am ganzen Untersuchungsgut keine Anastomose nachgewiesen werden. So schwankte die Häufigkeit des Vorkommens zwischen 0 und 21 %. Es wurden 1-3 Anastomosenfasern vorgefunden mit Durchmessern von 100 - 700 µm.

Tabelle 14: Intersegmentale Anastomosen ventral (µm)

rechts						links					
	Seg	n	n+	VK %	Ø (µm)		Seg	n	n+	VK %	Ø (µm)
C	1- 2	21	2	10	125,450	C	1- 2	22	3	14	200,150,100
	2- 3	22	2	9	3x150,200		2- 3	22	2	9	700,150
	3- 4	21	2	10	350,150		3- 4	15			
	4- 5	22	4	18	250,150,150,125		4- 5	14	3	21	2x125,200,150
	5- 6	24	4	17	2x200,200,150,150		5- 6	14	2	14	200,400
	6- 7	26	1	4	250		6- 7	12			
	7- 8	27	1	4	250		7- 8	12			
	8-Th1	25					8-Th1	16	1	6	150
Th	1- 2	29				Th	1- 2	17			
	2- 3	27					2- 3	17			
	3- 4	28					3- 4	20	2	10	150,100
	4- 5	33	2	6	150,150		4- 5	27			
	5- 6	37	1	3	250		4- 6	35			
	6- 7	34					6- 7	38			
	7- 8	38					7- 8	37			
	8- 9	38	2	5	100,200		8- 9	39	1	3	125
	9-10	40	2	5	2x125,200		9-10	40			
	10-11	35	3	9	200,150,150		10-11	41	1	2	150
	11-12	35					11-12	40	1	2	150
	12-L1	28					12-L1	41			
L	1- 2	26				L	1- 2	39	3	8	150,125,100
	2- 3	27					2- 3	40	4	10	2x200,150,200,200

III. DURATASCHEN-EINGÄNGE

Für die Auswertung wurde das gesamte Untersuchungsgut im Bereich C_1 bis L_3 herangezogen.
Nachdem die Betrachtung der dorsalen und ventralen Fila radicularia abgeschlossen war, wurde die Anzahl der Duradurchtrittspforten (t) für die Radizes bestimmt. Wenn mehrere Durataschen vorlagen, wurde die Breite des dazwischenliegenden Spornes (d_t) gemessen (Abb. 22). Die Messung erfolgte bei 10-facher Vergrößerung, d.h. 0,1mm-Einteilung der Okularskala. Zur Kontrolle wurden die Radizes proximal des Ganglion spinale durchtrennt und aus der Durapforte herausgezogen. So konnte die Dura mater spinalis isoliert betrachtet werden.

Abb. 22
Messung des Durataschenabstandes

Es wurde wiederum für beide Rückenmarksseiten getrennt ausgewertet. Für die Anzahl der Durataschen (t) wurde errechnet, in wieviel Prozent der Fälle 1,2,3 oder 4 Durataschen vorgefunden wurden. Die Berechnung des mittleren Abstands der Durataschen ($\bar{d}_t$) erschien nur für die Präparategruppen günstig, bei denen zwei Durapforten gefunden wurden. Wenn drei oder vier Durataschen für einen Segmentnerv vorlagen, waren die Meßpunkte zu variabel, um die Abstände statistisch erfassen zu können.

1. Anzahl der Durataschen-Eingänge

1. a) Befundübersicht

Die Anzahl der Durataschen pro Segment sind in Tabelle 15 (folgende Seite) aufgeführt.

Erläuterung:

n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
t_1 : Anzahl der Präparate mit einer Duratasche
t_2 : Anzahl der Präparate mit zwei Durataschen
t_3 : Anzahl der Präparate mit drei Durataschen
t_4 : Anzahl der Präparate mit vier Durataschen
V %: jeweilige Häufigkeit des Vorkommens

1. b) Ergebnisse

An unserem Untersuchungsgut wurden am häufigsten zwei Durataschen pro Segment gefunden. Das Vorkommen bewegte sich zwischen 50 - 100 % links und 73 - 100 % rechts. Eine Duratasche lag links bei maximal 20 % einer Segmentreihe vor, rechts waren es maximal 15 %. Das häufigste Vorkommen von drei Duradurchtritten belief sich links auf 39 % und rechts auf 22 %. Vier Duradurchtrittspforten für ein Segment wurden nur an insgesamt zwei Präparaten festgestellt. Das entspricht, abhängig von der Anzahl der gemessenen Präparate, 5,5 bzw. 2,5 %.

Tabelle 15: Anzahl der Durataschen-Eingänge pro Segment

links										rechts									
		n	t_1	V %	t_2	V %	t_3	V %	t_4	V %		n	t_1	V %	t_2	V %	t_3	V %	t_4	V %
C	1	17	2	12	15	88					C 1	21	3	14	18	86				
	2	18			11	61	7	39			2	22	1	4	16	73	5	22		
	3	18	1	5,5	9	50	7	39	1	5,5	3	21	1	10	16	76	3	14		
	4	16	4	25	11	69	1	6			4	23			20	87	3	13		
	5	16	1	6	15	94					5	23	3	13	18	78	2	9		
	6	16	1	6	15	94					6	25	1	4	23	92	1	4		
	7	15	1	7	14	93					7	23			23	100				
	8	15			15	100					8	24	2	8	22	92				
Th	1	15	3	20	11	73	1	7			Th 1	26			26	100				
	2	18			17	94	1	6			2	25	1	4	24	96				
	3	25	1	4	22	88	2	8			3	30			27	90	3	10		
	4	31	2	6,5	27	87	2	6,5			4	34	2	6	32	94				
	5	39	2	5	36	92	1	3			5	34			33	97	1	3		
	6	41			39	95	2	5			6	31	1	3	28	90	2	7		
	7	38			36	95	2	5			7	35	1	3	31	88	3	9		
	8	38			33	87	5	13			8	38	1	2,5	34	90	3	7,5		
	9	39			33	84,5	5	13	1	2,5	9	38			36	95	2	5		
	10	37	1	3	31	84	5	13			10	33			32	97	1	3		
	11	40	1	2,5	36	90	3	7,5			11	34	3	9	27	79	4	12		
	12	37	4	11	31	84	2	5			12	28	1	3,5	26	93	1	3,5		
L	1	36	1	3	35	97					L 1	32			29	91	3	9		
	2	36	2	5,5	33	91,5	1	3			2	27	4	15	22	81,5	1	3,5		
	3	29			29	100					3	25	3	12	22	88				

2. Abstand der Duratasche

2. a) Befundübersicht

Für die Fälle, in denen zwei Duratasche bei einem Segment vorlagen, wurde die mittlere Breite des dazwischenliegenden Durasporns als mittlerer Abstand $\bar{d}_t$ errechnet. Die Mittelwerte sind für die einzelnen Segmente in Tabelle 16 festgehalten.

Erläuterung:

$\bar{d}_t$: mittlerer Abstand bei zwei Duratasche pro Segment
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
$\bar{x}$: Mittelwert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

(Tabelle folgende Seite)

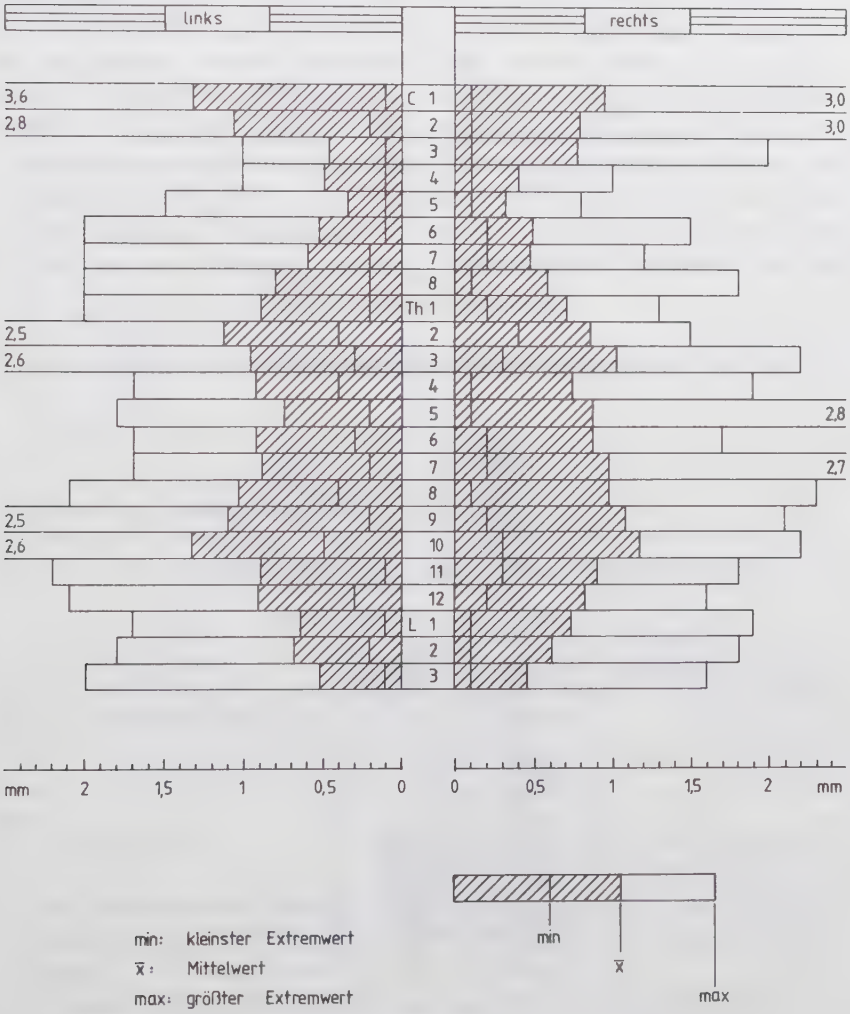
2. b) Ergebnisse

Die Ergebnisse für den mittleren Abstand der Duratasche $\bar{d}_t$ sind in Abbildung 23 (siehe übernächste Seite) für die Präparate mit zwei Duradurchtritten pro Segment zusammengefaßt.
Ausgehend von C_1 ($\bar{d}_t$ links 1,31 mm, $\bar{d}_t$ rechts 0,95 mm) wurde der Abstand zum mittleren Zervikalbereich hin zunächst kleiner. Beim 5. Zervikalsegment ergaben sich links 0,35 mm und rechts 0,32 mm. Im Thorakalbereich stiegen die Werte wieder an. Das Maximum lag hier bei Th_{10} mit 1,33 mm links und 1,18 mm rechts.
Der mittlere Duratascheabstand nahm dann zum Ende des Untersuchungsbereiches ab. Für das 3. Lumbalsegment errechnete sich ein Mittelwert von 0,52 mm links und 0,47 mm rechts.

Tabelle 16: $\bar{d}_t$ mittlerer Abstand für zwei Duratäschen pro Segment (mm)

		links							rechts					
		$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
C	1	1,31	0,1	3,6	1,2	89	15	C	0,95	0,1	3,0	0,9	83	18
	2	1,06	0,2	2,8	0,8	64	11		0,79	0,1	3,0	0,7	81	16
	3	0,46	0,1	1,0	0,3	67	9		0,78	0,1	2,0	0,6	78	18
	4	0,49	0,1	1,0	0,3	54	11		0,40	0,1	1,0	0,2	80	20
	5	0,35	0,1	1,5	0,3	93	15		0,32	0,1	0,8	0,2	72	18
	6	0,52	0,1	2,0	0,5	87	15		0,50	0,2	1,5	0,4	78	23
	7	0,59	0,2	2,0	0,5	86	14		0,48	0,2	1,2	0,3	78	23
	8	0,79	0,2	2,0	0,4	80	15		0,59	0,1	1,8	0,4	77	22
Th	1	0,89	0,2	2,0	0,5	64	11	Th	0,71	0,2	1,3	0,3	61	26
	2	1,13	0,4	2,5	0,5	71	17		0,86	0,4	1,5	0,4	71	24
	3	0,95	0,3	2,6	0,5	86	22		1,04	0,3	2,2	0,4	70	27
	4	0,93	0,4	1,7	0,3	67	27		0,75	0,1	1,9	0,4	59	32
	5	0,74	0,2	1,8	0,4	72	36		0,88	0,1	2,8	0,5	82	33
	6	0,92	0,3	1,7	0,3	67	39		0,88	0,2	1,7	0,4	57	28
	7	0,88	0,2	1,7	0,4	69	36		0,99	0,2	2,7	0,5	74	31
	8	1,02	0,4	2,1	0,4	76	33		0,99	0,1	2,3	0,5	71	34
	9	1,09	0,2	2,5	0,5	73	33		1,08	0,2	2,1	0,4	69	36
	10	1,33	0,5	2,6	0,6	64	31		1,18	0,3	2,2	0,5	59	32
	11	0,89	0,1	2,2	0,4	69	36		0,91	0,3	1,8	0,4	63	27
	12	0,90	0,3	2,1	0,4	71	31		0,84	0,2	1,6	0,5	67	27
L	1	0,64	0,1	1,7	0,4	71	35	L	0,74	0,1	1,9	0,5	72	29
	2	0,68	0,2	1,8	0,4	79	33		0,62	0,1	1,8	0,5	77	22
	3	0,52	0,1	2,0	0,5	86	29		0,47	0,1	1,6	0,4	82	22

Abb. 23
Abstand der Durataschen $\bar{d}_t$

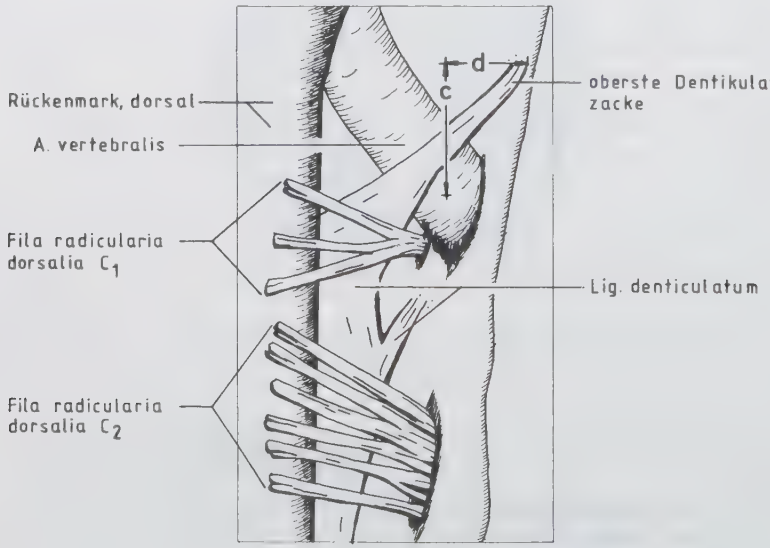


IV. LIG. DENTICULATUM, OBERSTE ZACKE

1. Abstand zur A. vertebralis

Die Messungen wurden an den aus dem Vertebralkanal herausgelösten Rückenmarkpräparaten vorgenommen. Gemessen wurde der Abstand der obersten Dentikulatumzacke zum Mittelpunkt der A. vertebralis an ihrem Duradurchtritt in kranialer und dorsaler Ausdehnung (c und d in Abb. 24). Durch die Wahl des Bezugspunktes in der Mitte des Gefäßes spielen die unterschiedlichen Weiten der A. vertebralis bei den einzelnen Präparaten keine Rolle. Die Messungen wurden mit 10-facher Vergrößerung, entsprechend 0,1mm-Einteilung der Okularskala, durchgeführt.

Abb. 24
Abstand der obersten Dentikulatumzacke zur A. vertebralis



1. a) Befundübersicht

Für die Abstände der obersten Dentikulatumzacke zur A. vertebralis in kranialer und dorsaler Richtung wurden jeweils die Mittelwerte $\bar{c}$ und $\bar{d}$ errechnet. Die Werte sind in Tabelle 17 zusammengefaßt.

Erläuterung:

$\bar{c}$: mittlerer Abstand in kranialer Richtung
$\bar{d}$: mittlerer Abstand in dorsaler Richtung
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate
s : Standardabweichung
% : Anzahl der Einzelmessungen im Bereich $\bar{x} \pm s$

Einheit: 1 mm

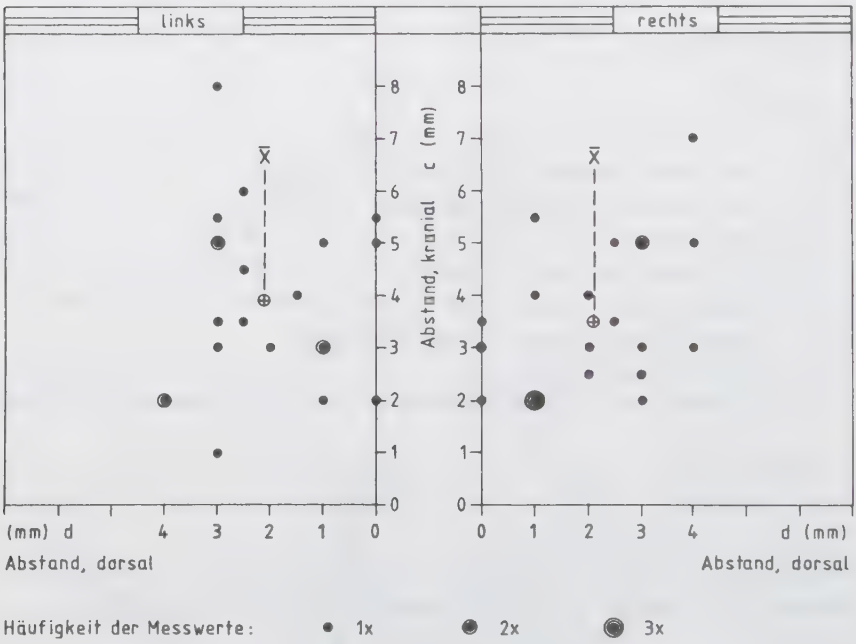
Tabelle 17
Abstand der obersten Dentikulatumzacke zur A. vertebralis

	links							rechts						
	$\bar{x}$	min	max	s	%	n		$\bar{x}$	min	max	s	%	n
$\bar{c}$	3,9	1	8	1,7	67	21	$\bar{c}$	3,5	2	7	1,4	48	21
$\bar{d}$	2,1	0	4	1,3	72	21	$\bar{d}$	2,1	0	4	1,3	71	21

1. b) Ergebnisse

Um die Streuungsbreite der Einzelmessungen besser beurteilen zu können, sind in Abbildung 25 die Einzelwerte der Messung eingezeichnet.
Der Nullpunkt des Koordinatensystems ist mit dem Mittelpunkt der A. vertebralis an ihrem Duradurchtritt identisch.
Die Mittelwerte sind gesondert gekennzeichnet.

Abb. 25
Abstand der obersten Dentikulatumzacke zur A. vertebralis
(Übersicht der Einzelmessungen)

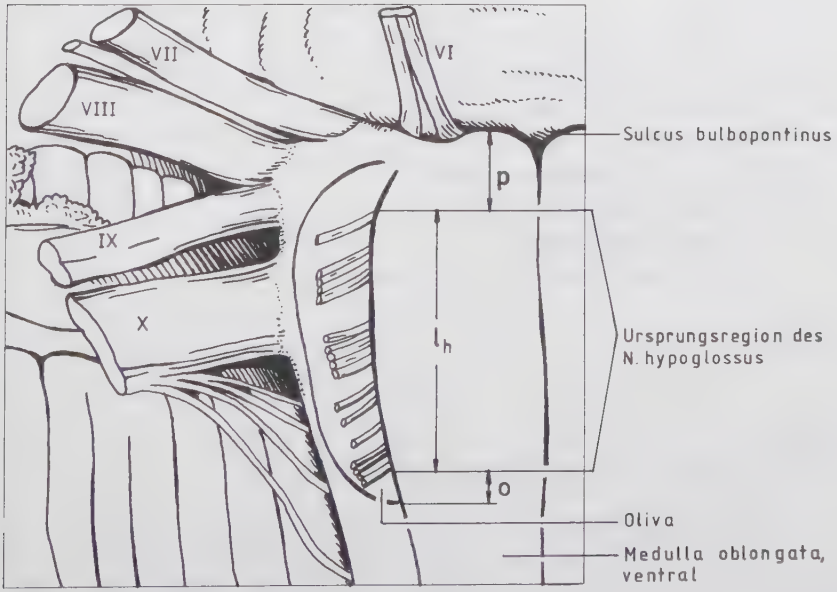


An dem vorliegenden Untersuchungsgut fand sich kein Präparat, bei dem der Ansatz des Lig. denticulatum kaudal oder ventral des Duradurchtritts der A. vertebralis lag.

V. N. HYPOGLOSSUS, URSPRUNGSREGION

Die Untersuchungen am N. hypoglossus ließen sich nur an relativ wenigen Präparaten (insgesamt 23) durchführen, bei denen die Medulla oblongata erhalten war. Bei 20-facher Vergrößerung (50µm-Einteilung) wurde die Anzahl der Ursprungsfäden h und deren Durchmesser $\emptyset_h$ 1 mm nach dem Rückenmarkaustritt ermittelt. Weiterhin wurde bei 10-facher Vergrößerung (0,1mm-Einteilung) die Länge der Ursprungsregion (l_h) gemessen sowie deren Abstand zum Sulcus bulbopontinus (p) und zum Olivenunterrand (o) (Abb. 26).

Abb. 26
Ursprungsregion des N. hypoglossus



Zu den oben genannten Parametern wurden die Mittelwerte $\bar{h}$, $\bar{l}_h$, $\bar{p}$ und $\bar{o}$ errechnet. Für den Durchmesser der Ursprungsfäden $\emptyset_h$ wurde lediglich der Minimal- und Maximalwert festgehalten.

1. Anzahl und Durchmesser der Ursprungsfäden

Die mittlere Anzahl der Ursprungsfäden $\bar{h}$ betrug links 18 (min = 7, max = 26, s = 7,4, n = 9), rechts waren es im Mittel 16 Fasern (min = 9, max = 28, s = 5,9, n = 14).
Der Durchmesser dieser Ursprungsfäden $\emptyset_h$ schwankte zwischen 125 und 450 µm.

2. Länge der Ursprungsregion

Die mittlere Ausdehnung der Ursprungsregion ist Tabelle 18 zu entnehmen.

Erläuterung:

$\bar{p}$: Abstand zum Sulcus bulbopontinus
$\bar{l}_h$: Länge der Ursprungsregion
$\bar{o}$: Abstand zum Olivenunterrand
$\bar{x}$: Mittelwert
min: kleinster gemessener Wert
max: größter gemessener Wert
s : Standardabweichung
n : Anzahl der ausgewerteten Präparate

Einheit: 1 mm

Tabelle 18
N XI, Ausdehnung der Ursprungsregion (mm)

	rechts						links				
	$\bar{x}$	min	max	s	n		$\bar{x}$	min	max	s	n
$\bar{p}$	3,6	1,0	5,0	1,2	14	$\bar{p}$	3,8	2,4	6,0	1,2	9
$\bar{l}_h$	12,5	8,0	20,0	3,1	14	$\bar{l}_h$	12,7	9,0	16,0	2,3	9
$\bar{o}$	1,3	0,0	4,0	1,3	14	$\bar{o}$	1,6	0,0	4,0	1,6	9

Trotz zum Teil erheblicher Schwankungen der Einzelwerte (vgl. min u. max) ergaben sich (bei unterschiedlichen Präparatezahlen) ähnliche Mittelwerte für linke und rechte Präparatehälften. Wenn man also nicht nach Präparateseiten unterscheidet, kann man folgende Mittelwerte angeben:
Der N. hypoglossus bildete 17 Ursprungsfäden aus, die auf einer Strecke von 12,6 mm aus dem Rückenmark austraten. Die Ursprungsregion begann 3,7 mm unterhalb des Sulcus bulbopontinus und erstreckte sich bis 1,4 mm oberhalb des Olivenunterrandes.

D. D I S K U S S I O N

1. Der Abstiegswinkel der Fila radicularia des Halsbereiches wurde bei ventral flektiertem Kopf ermittelt. Hierbei wurde ein mittlerer Winkelbereich des Descensus errechnet. Dieser Bereich ist gekennzeichnet durch die Mittelwerte für den Verlauf der obersten und untersten Fila einer Segmentgruppe. Außerdem wurde der absolute mittlere Abstiegswinkel jedes Segments angegeben. Am vorliegenden Untersuchungsgut schwankten die Werte für den absoluten mittleren Abstiegswinkel zwischen einem Descensus von - 0,9° bei C_1 und - 58,5° bei C_8. Das unterste Filum radiculare dorsale der Segmentgruppe C_1 wies jedoch einen ansteigenden Winkelmittelwert von + 14,4° auf.
Erstmals beschrieb PFITZNER (1894) genauer, daß das Rückenmark im Wachstum gegenüber der Wirbelsäule zurückbleibt und deshalb die meisten Nervenwurzeln absteigen.
Nach neueren Untersuchungen von KUBIK (1966) ist es erforderlich, die Radix spinalis in eine innerhalb des Duralsackes gelegene Pars intrasaccularis und eine innerhalb der Duralscheide gelegene Pars intravaginalis zu unterteilen. Während Kubik die Pars intravaginalis eingehender beschreibt, war in dieser Arbeit die Pars intrasaccularis Gegenstand der Untersuchungen.

2. Die Ergebnisse über die Länge der Lineae radiculares dorsales für die einzelnen Rückenmarksegmente lassen sich mit den Messungen von MARZOTKO (1959) vergleichen. Dieser Forscher gibt unter anderem Meßergebnisse von drei Erwachsenen an. In seiner Meßreihe ist die Linea radicularis C_1 nicht enthalten, jene von L_4 bis S_2 sind jedoch mit in die Messungen eingegangen. Mittelwertberechnungen führte er nicht durch. Verständlicherweise liegen bei dem verhältnismäßig geringen Untersuchungsgut MARZOTKOs die Grenzwerte innerhalb der Streuungsbreiten der von uns vermessenen Präparate. Die Intervalle zwischen den Lineae radiculares dorsales wurden von uns nicht vermessen.

ZIEHEN (1899) beschrieb, daß diese größer seien als die Intervalle zwischen den Areae radiculares ventrales, worauf auch HUBER und ASCH hinwiesen. Im mittleren und unteren Thorakalbereich werden die Zwischenräume mit ca. 5 mm angegeben, gelegentlich bis zu 10,5 mm nach LÜDERITZ. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß auch aus diesen Intervallen intermediäre Wurzelfäden entspringen können, um sich der nächsthöheren oder -tieferen Radix dorsalis anzuschließen.

3. Die Anzahl der Fila radicularia dorsalia ist in der Literatur nur allgemein beschrieben. CLARA (1959) z.B. schreibt, "daß ihre Wurzel aus 5 - 10 Bündeln von Nervenfasern, Fila radicularia (Wurzelfäden), welche einen kleinen Fächer bilden, dessen Spitze gegen das entsprechende Foramen intervertebrale gerichtet ist", besteht.
An unserem Untersuchungsgut lagen die Grenzwerte der Filaanzahl bei 1 bis 28. Einmal fand sich bei C_7 links nur ein einzelnes Filum radiculare dorsale. Das mag auf den ersten Blick überraschen und einen Zählfehler vermuten lassen. Jedoch wies ADAMKIEWICZ (1882) schon auf das gelegentliche Fehlen einzelner Brustwurzeln hin, abgesehen vom Filum radiculare C_1, das auch unseren Befunden zufolge gelegentlich fehlen kann.

4. Über die Durchmesser der Fila radicularia dorsalia fanden sich in der uns vorliegenden Literatur nur allgemeine Angaben. HENLE (1879) ist der Meinung, daß die Stärke der Wurzelfäden im allgemeinen mit der Stärke der Nervenstämme korreliert. Die stärksten Wurzelfäden lägen im Bereich der Intumescentiae cervicales et lumbales vor, die Fila seien 1 - 2 mm hoch und platt entwickelt. Er gibt auch feinere Wurzelfäden mit 0,5 mm Höhe an. Wenn auch unsere Ergebnisse mit denen HENLEs qualitativ übereinstimmen, so sind die Mittelwerte der von uns vermessenen Durchmesser der Fila radicularia durchweg kleiner als die von HENLE beschriebenen Werte. Die Grenzwerte der Filadurchmesser lagen an unserem Untersuchungsgut zwischen 0,1 mm und 2,0 mm.

5. Der Gesamtquerschnitt der Fila radicularia dorsalia pro Segment ergab an dem vorliegenden Untersuchungsgut Grenzwerte von 0,22 mm², errechnet für das 1. Zervikalsegment, und 2,5 mm² für das 6. Zervikalsegment.
In der Literatur finden sich Angaben von STILLING (1859), der den größten Querschnitt der Hinterwurzeln bei S_2 fand und diesen gleich 100 setzte. Seinen Angaben zufolge liegen bei L_3 52 % dieser größten Dicke vor, bei C_6 96 %. STILLING gibt die Summe der Gesamtquerschnitte der hinteren Wurzeln mit 54 - 67 mm² an, gegenüber 35 - 37 mm² der ventralen Radices.
Qualitativ stimmen unsere Werte gut mit den Angaben STILLINGs überein. Für das Segment L_3 ermittelten wir einen Gesamtquerschnitt von 1,82 mm² rechts und 1,65 mm² an der linken Seite. Am 6. Zervikalsegment errechnete sich beidseitig ein Wert von 2,5 mm².

6. Die Anastomosen des 1. Zervikalnervs mit der Pars spinalis n. accessorii beschrieben erstmals HUBER (1744) und ASCH (1750) nach Angaben von ZIEHEN. Weitere Angaben finden sich bei ARNOLD (1833) und J. Müller (1833). Besonders eingehend befaßte sich KAZZANDER (1891) mit diesem Problem. Bislang ist es noch umstritten, ob es sich bei der Auftreibung an der Verbindungszone zwischen Radix dorsalis und Pars spinalis n. accessorii um das Spinalganglion von C_1 handelt, wie KAZZANDER unter anderem annimmt, oder um Spinalganglienzellen für Spannungsrezeptoren im M. sternocleidomastoideus und M. trapezius. Diese Frage konnte mit den von uns verwendeten Methoden nicht geklärt werden. Daß es sich um Wucherungen des Bindegewebes oder Anhäufungen von Amyloidkörperchen handelt, wie es ZIEHEN für einen Teil der Verdickungen annimmt, erscheint nach eigenen histologischen Überprüfungen unwahrscheinlich. Literaturangaben über die Faserdicke der Anastomosen mit dem XI. Hirnnerv lagen uns nicht vor. Ebenso fanden wir keinen Hinweis auf die Verbindungen des 3. Zervikalsegments mit der Pars spinalis n. accessorii, die an unserem Untersuchungsgut relativ häufig (9 %) vorlagen.

Intersegmentale Anastomosen waren schon den alten Anatomen bekannt. Angaben über eine prozentuale Aufschlüsselung und die Faserdurchmesser fanden wir jedoch nicht. Nach PALLIE und MANUEL (1968), auf deren Angaben sich auch WARWICK und WILLIAMS in GRAYs Anatomy stützten, finden sich diese intersegmentalen Anastomosen gehäuft in unteren zervikalen und lumbosakralen Bereichen. Für den unteren Zervikalbereich können wir den Befund bestätigen, da an unserem Untersuchungsgut die häufigste Anastomosenzahl links zwischen C_5 und C_6 mit 56 % und rechts zwischen C_6 und C_7 mit 58 % vorlag. Hier muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß auch zwischen C_2 und C_3 links eine Anastomosenhäufigkeit von 61 % ermittelt wurde.

7. Die Anzahl der aus dem Rückenmark hervorgehenden Fila radicularia ventralia und deren Zusammenordnung zur Radix ventralis ist in der uns vorliegenden Literatur nur allgemein beschrieben. HENLE (1879) schreibt, "daß sich die vorderen Wurzeln aus zahlreichen feinen, mehr platten Bündeln, deren Austrittsstellen über einen etwa 2 mm breiten Streifen zerstreut sind", bilden. Vergleichbare Angaben über die Filaanzahl der von uns untersuchten Segmentgruppen konnten wir in der Literatur nicht finden.

8. Auch über den Durchmesser der Nervenbündel der Radix ventralis sind uns keine vergleichbaren Untersuchungen bekannt. Hier ist jedoch herauszuheben, daß im Bereich der Intumeszenzen des Rückenmarks die Zahl der Nervenbündel sich nicht wesentlich vergrößert, deren Durchmesser im Vergleich zu anderen Rückenmarkabschnitten jedoch deutlich zunimmt.

9. In ähnlicher Weise wie für die Radices dorsales des Rückenmarks haben wir auch für die Vorderwurzeln die Gesamtquerschnitte der ventralen Nervenbündel errechnet. Dabei ergaben sich Werte zwischen 0,51 mm² und 2,76 mm². Maxima fanden sich im Bereich der Intumeszenzen. Bei C_5 ergab sich beispielsweise ein mittlerer Gesamtquerschnitt von 2,7 mm² rechts und 2,42 mm² links.

Für das 3. Lumbalsegment ergab sich rechts ein Wert von 2,76 mm², links waren es 2,37 mm². Vergleichbare Untersuchungen sind uns nur von STILLING (1859) bekannt, der den Gesamtquerschnitt der Radices ventrales mit 35 - 37 mm² angibt. Ein Vergleich ist hier nicht ganz einfach, da sich unser Untersuchungsbereich nur bis L_3 erstreckte, STILLING jedoch alle Segmente einbezog. Dennoch läßt sich wohl sagen, daß unsere Werte in etwa mit den Befunden STILLINGs übereinstimmen, da an unserem Untersuchungsgut die Summe der Gesamtquerschnitte im Teilbereich zwischen C_1 und L_3 sich mit rund 25 mm² für die rechte und rund 26 mm² für die linke Seite ergibt.

10. Die mittlere Länge der Areae radiculares ventrales betrug an unserem Untersuchungsgut zwischen 7,9 mm und 20,2 mm, die durchschnittliche Breite 1,5 bis 2,0 mm.

Hierfür liegen uns aus der Literatur keine vergleichbaren Untersuchungen vor. Lediglich die Breite der Areae radiculares ventrales wird seit alters her mit ca. 2 mm angegeben, ein Wert, der an der oberen Grenze der von uns errechneten Mittelwerte liegt. Auch HENLE (1879) beschreibt die Austrittszonen der Fila radicularia ventralia. Nach seiner Meinung rücken die Ursprünge der vorderen Wurzeln gegen die Mittellinie heran und nähern sich im unteren Abschnitt der Intumescentia lumbalis von beiden Seiten bis auf 1,5 mm aneinander, so daß die A. spinalis anterior fast verdeckt ist. Ähnlich vertritt ZIEHEN (1899) die Ansicht, daß im Bereich der Intumeszenzen die Area radicularis ventralis dem Zentralspalt am nächsten liegt. Diesen Befund können wir bestätigen.

11. Intersegmentale Anastomosen der Radices ventrales sind in der uns vorliegenden Literatur kaum beschrieben. Es finden sich nur allgemeine Angaben. HENLE (1879) stellt fest, daß solche Nervenverbindungen ventral seltener sind als an den Radices dorsales. An den von uns untersuchten 44 Segmentgruppen (beidseits jeweils C_1 bis L_3) fanden sich nur bei 23 Segmentgruppen überhaupt Anastomosen. Diese kamen am häufigsten im oberen

Zervikalbereich vor, weniger häufig in unteren Rückenmarksabschnitten. Das häufigste Vorkommen zeigte sich beidseits bei der Segmentgruppe C_4 - C_5. Hier waren rechts bei 4 von 22 Präparaten (18 %) Anastomosen festzustellen, links waren es 3 von 14 Präparaten (21 %).

12. Die Frage des sehr unterschiedlich dargestellten Eintritts der Radix ventralis und der Radix dorsalis in die Wurzeltaschen diskutiert SCHARF (1958) besonders eingehend. Er zitiert v. LANZ (1929), der zwischen Th_2 und Th_{11} makroskopisch getrennte Durascheiden für die dorsale und ventrale Wurzel nachweisen konnte. Auch PERNKOPF beschreibt am Eingang in die Duratasche des Thorakalbereichs ein Septum interradiculare. Schon FRYKHOLM (1951), der die unteren zervikalen Nervenwurzeln und deren Hüllensysteme untersuchte, war der Ansicht, daß jede Wurzeltasche zwei Öffnungen besitze, eine ventrale und eine dorsale, welche durch ein Duraseptum voneinander getrennt seien. Die Radix dorsalis wird nach HAFFERL und THIEL (1969) in den Taschenbereich von einem Fortsatz der Dura und auch Arachnoidea noch ein kleines Stück "bis auf das Spinalganglion" begleitet. Dabei vertreten sie allerdings auch die umstrittene Meinung, daß "die motorischen und sensiblen Fasern noch vollkommen voneinander getrennt" innerhalb der Cavitas subarachnoidalis verlaufen.
An unserem Untersuchungsgut fanden sich, übereinstimmend mit den Angaben von LANZ, am häufigsten zwei getrennte Duratascheneingänge für die Radix ventralis und die Radix dorsalis. Wie aus Tabelle 15 ersichtlich ist, konnten wir nachweisen, daß die Verhältnisse im Zervikalbereich und oberen Lumbalbereich ähnlich sind. Eine Erklärung, weshalb die getrennten Eingänge bei makroskopischer Untersuchung im Thorakalbereich zuerst festgestellt wurden, ist aus Tabelle 16 zu ersehen: Die transversalen Abstände der Duratascheneingänge für die vordere und hintere Wurzel betragen im Thorakalbereich durchschnittlich 1 mm, während im oberen Zervikalbereich und bei lumbalen Segmenten die mittleren Abstände wesentlich geringer als 1 mm sind.

13. Bei der Beurteilung der von uns ermittelten Abstände der obersten Dentikulatumzacke zur A. vertebralis (kranial: 3,9 mm links, 3,5 mm rechts; dorsal: 2,1 mm links und rechts) ist die Lage des Bezugspunktes im Mittelpunkt der A. vertebralis an ihrem Duradurchtritt zu berücksichtigen.
Während STOFFT (1973) in 4 von 50 Fällen ein ventrales und kandales Anheften der Zahnbandspitze feststellte, konnten wir keinen derartigen Befund erheben.

E. L I T E R A T U R

Asch 1750	nach Ziehen (siehe dort)
Adamkiewicz 1882	nach Ziehen (siehe dort)
Arnold 1833	nach Ziehen (siehe dort)
Benninghoff, A. und Goerttler, K.	Lehrbuch der Anatomie des Menschen 3. Band, 9. Auflage Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1975
Clara, M.	Das Nervensystem des Menschen 3. Auflage J.A. Barth, Leipzig 1959
Elze, C.	Anatomie des Menschen 3. Band, Centrales Nervensystem J. Springer, Berlin 1932
Frykholm, R.	Lower cervical Nerve Roots and their Investments Acta Chirurgica Scand. 1951
Hafferl, A. u. Thiel, W.	Lehrbuch der Topographischen Anatomie 3. Auflage Springer, Berlin 1969
Henle, J.	Handbuch der Nervenlehre des Menschen 2. Auflage F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1879

Huber	nach Ziehen (siehe dort)
Kazzander, G.	Über den Nervus accessorius Willisii und seine Beziehungen zu den oberen Cervicalnerven beim Menschen und einigen Haussäugetieren. Arch. Anat. Entwickl. Gesch. 1891
Kubik, St.	Zur Topographie der spinalen Nervenwurzeln Acta anatomica 63 S. Karger, Basel-New York 1966
Lanz, T. von	Über die Rückenmarkshäute Die konstruktive Form der harten Haut des menschlichen Rückenmarks und ihre Bänder Roux' Arch. Entwickl.-Mech. Org. 1929
Lüderitz	nach Ziehen (siehe dort)
Manuel, J.K. u. Pallie, W.	Intersegmental anastomoses between dorsal spinal rootlets in some vertebrates. Acta Anatomica, Vol. 70 S. Karger, Basel-New York 1968
Marzotko, D.	Winkel- und Längenmessungen an Leichen verschiedener Altersklassen als Beiträge zur Topographie der Spinalnervenwurzeln des Menschen. Wissenschaftl. Zeitschrift d. M.Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Math.-Nat. VII/6, 1959

Müller, J. 1833	nach Ziehen (siehe dort)
Pernkopf, E.	Topographische Anatomie des Menschen 4. Band, 2. Hälfte Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1960
Pfitzner, W.	Über Wachstumsbeziehungen zwischen Rückenmark und Wirbelkanal Gegenbaurs Morphol. Jahrb. 1884
Ranson, St. W.	The anatomy of nervous system 8. Auflage W.B. Saunders Company, Philadelphia-London 1947
Scharf, J.H.	Sensible Ganglien in v. Möllendorff-Bargmanns Hb. d. mikr. Anat. d. Menschen Vol. IV/3 Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958
Stilling, B.	Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks Heinrich Hotop, Cassel 1859
Stofft, E.	Zur Morphologie des Aufhängeapparates der Medulla spinalis im HWS-Bereich Radiologie 12, 1973
Waldeyer, A.	Anatomie des Menschen 1. Teil, 14. Auflage de Gruyter, Berlin-New York 1980

Warwick u. Williams — Gray's anatomy
35. edn.
Longman Group, London 1973

Ziehen, Th. — Anatomie des Centralnervensystems
4. Band, 1. Abteilung
in: Handbuch der Anatomie des Menschen
herausgegeben von Bardeleben, K. von
Gustav Fischer, Jena 1899

Herrn Professor Dr. med. J. Lang danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas sowie die stets hilfreiche und freundliche Unterstützung bei der Durchführung meiner Arbeit.

L E B E N S L A U F

11.12.1954	geb. in Hannover
1961 - 1962	Volksschule Hannover
1962 - 1964	Volksschule Barbing/Regensburg
1964 - 1965	Volksschule Höchberg/Würzburg
1965 - 1973	Röntgen-Gymnasium Würzburg
1973 - 1974	Friedrich-Koenig-Gymnasium Würzburg Reifeprüfung am 22.06.1974
ab 10.1974	Studium der Zahnmedizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
23.10.1975	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
26.04.1977	Zahnärztliche Vorprüfung
23.01.1980	Zahnärztliche Prüfung
3.80 - 8.81	Assistent in der Poliklinik für Zahnersatz an der Universitäts-Zahnklinik Würzburg
ab 09.1981	Grundwehrdienst, Bundeswehr
seit 28.07.78	verheiratet mit Edith Bartram, geb. Lutz Tochter Melanie, geb. 22.04.1980 Sohn Markus, geb. 25.10.1981

C. M. Barba

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80